



TUGAS AKHIR - RG 141536

ANALISIS KUALITAS AIR UNTUK BUDIDAYA RUMPUT LAUT *EUCHEUMA COTTONI* DENGAN CITRA LANDSAT 8

STUDI KASUS : LAUT SELATAN PULAU LOMBOK, NTB

MUHAMMAD MUFLIH 'ISA

NRP 3512100044

Pembimbing 1

Lalu Muhamad Jaelani, S.T.,M.Sc.,Ph.D.

Pembimbing 2

Gathot Winarso,S.T.,M.Sc.

JURUSAN TEKNIK GEOMATIKA

Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2016



TUGAS AKHIR - RG 141536

ANALISIS KUALITAS AIR UNTUK BUDIDAYA
RUMPUT LAUT *EUCHEUMA COTTONI* DENGAN
CITRA LANDSAT 8
Studi Kasus: Laut Selatan Pulau Lombok, NTB

MUHAMMAD MUFLIH 'ISA

NRP 3512100044

Pembimbing 1

Lalu Muhamad Jaelani, S.T., M.Sc., Ph.D

Pembimbing 2

Gathot Winarso, S.T., M.Sc.

JURUSAN TEKNIK GEOMATIKA

Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2016



FINAL ASSIGNMENT - RG 141536

ANALYSIS OF WATER QUALITY BY LANDSAT 8 IMAGERY TO THE CULTIVATION OF EUCHEUMA COTTONI Case Study: Lombok Southern Sea, NTB

MUHAMMAD MUFLIH 'ISA

NRP 3512100044

Supervisor

Lalu Muhamad Jaelani, S.T., M.Sc., Ph.D.

Co-Supervisor

Gathot Winarso, S.T., M.Sc.

DEPARTMENT OF GEOMATICS ENGINEERING

Faculty of Civil Engineering and Planning

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2016

**ANALISIS KUALITAS AIR UNTUK BUDIDAYA
RUMPUT LAUT *EUCHEUMA COTTONI* DENGAN
CITRA LANDSAT 8
(Studi Kasus: Laut Selatan Pulau Lombok, NTB)**

Nama Mahasiswa	: Muhammad Muflih Isa
NRP	: 3512 100 044
Jurusan	: Teknik Geomatika FTSP-ITS
Pembimbing 1	: Lalu Muhamad Jaelani, S.T.,M.Sc., Ph.D.
Pembimbing 2	: Gathot Winarso,S.T.,M.Sc.

ABSTRAK

Laut selatan Pulau Lombok memiliki garis pantai sepanjang 52,6 km dengan penghasilan rumput laut Eucheuma cottoni mencapai 756.355 ton yang didistribusikan ke seluruh Indonesia. Pembudidayaan di laut selatan Pulau Lombok hanya memfokuskan diri pada usaha penyediaan dan pengembangbiakan bibit tersebut tanpa melihat lokasi yang sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI).

Lokasi kesesuaian diukur dengan paramter TSS, suhu dan klorofil-a menggunakan metode Penginderaan Jauh dengan data pendukung pengukuran in situ. Data in situ digunakan sebagai validasi tingkat kebenaran data olahan dari metode penginderaan jauh dengan metode statistik NMAE (Normalized Mean Absolute Error). Selain itu, data in situ juga digunakan sebagai data dasar untuk pemodelan algoritma baru pada TSS dan klorofil-a. Hasil pemodelan algoritma kemudian dibandingkan dengan algoritma yang sudah ada melalui uji statistik dengan metode NMAE..

Algoritma yang memiliki tingkat kesalahan lebih kecil dari tiap parameter akan digunakan sebagai dasar pembuatan peta

kualitas air untuk kesesuaian budidaya Eucheuma cottoni. Hasil peta kesesuaian akhir menunjukkan bahwa area yang sesuai untuk budidaya Eucheuma cottoni sebesar 2.217 Ha dan 14.243 Ha area sangat sesuai. Namun hasil overlay tersebut tidak memasukkan parameter kedalaman.

Kata Kunci – *Eucheuma cottoni*, TSS, suhu, klorofil-a.

ANALYSIS OF WATER QUALITY BY LANDSAT 8 IMAGERY TO THE CULTIVATION OF EUCHEUMA COTTONI

Case Study: Lombok Southern Sea, NTB

Student Name : Muhammad Muflih 'Isa
NRP : 3512 100 044
Department : Geomatics Engineering FTSP-ITS
Supervisor : Lalu Muhamad Jaelani, S.T., M.Sc. Ph.D
Co-Supervisor : Gathot Winarso, S.T., M.Sc.

ABSTRACT

The Southern Sea of Lombok Island having the shoreline along 52.6 km that have income from the Eucheuma cottoni seaweed reached 756,355 tons that distributed to all Indonesia region. Seaweed in the southern Sea of Lombok Island only focusing on developing provision and the breeding the seeds without seeing in right place to farm according to SNI.

The location measured by TSS, temperature and chlorophyl-a as parameters using remote sensing method with additional measured data from the field. In situ data used as validation of the processed imagery data with statistical methods, called NMAE. The in situ data also used for modelling a new algorithm, especially for TSS and chlorophyl-a. Therefore, a new algorithm compared with the existing algoritihm that measured by NMAE to know which algorithm have better value compared with in situ data.

Algorithm that have a better value from each parameters will be used as a basic data to produce map of water quality to the cultivation of Eucheuma cottoni. The map which have overlayed show that 2,217 Ha area is a good place to cultivation and 14,243 Ha area is very good place to Ecuheuma cottoni cultivation in the

southern sea of Lombok Island. But, it is not containing depth parameter.

Keyword – Eucheuma Cottoni, TSS, temperature, chlorophyl-a.

**Analisis Kualitas Air untuk Budidaya Rumput Laut
Eucheuma Cottoni dengan Citra Landsat 8**

(Studi Kasus: Laut Selatan Pulau Lombok, NTB)

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Jurusan S-1 Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

MUHAMMAD MUELH TSA

NRP. 3512 100 001

Disetujui Oleh Pembimbing Tugas Akhir :

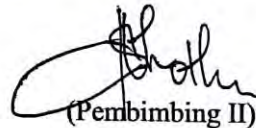
1. Lalu Muhamad Jaelani, S.T., M.Sc., Ph.D.

NIP: 19801221 200312 1 001

2. Gathot Winarso, S.T., M.Sc.

NIP: 19730706 199803 1002




(Pembimbing II)

SURABAYA, JUNI 2016

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh.

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “**Analisis Kualitas Air untuk Budidaya Rumput Laut *Eucheuma Cottoni* dengan Citra Landsat 8 (Studi Kasus : Laut Selatan Pulau Lombok)**”. Penulis menyadari penyusunan laporan ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada

1. Kedua orang tua, ayah Ir. Ponang Widoyoko dan ibu Drs. Susilowati yang selalu memberikan do'a, cinta, kasih sayang, dukungan serta perhatian yang tidak dapat terbalaskan dengan apapun.
2. Saudaraku, kakak Muhammad Faiz Ibrahim, dan adik Muhammad Nabil Nuh serta Muhammad Hanif Nashrullah Musa yang telah memberikan dukungan dan terus memotivasi hingga terselesaikannya tugas akhir ini.
3. Bapak Lalu Muhamad Jaelani, S.T, M.Sc. Ph.D selaku dosen pembimbing tugas akhir penulis. Terimakasih atas waktu dan bimbingan yang telah bapak berikan hingga dapat terselesaikannya tugas akhir ini.
4. Bapak Gathot Winarso, S.T, M.Sc selaku pembimbing dari tempat pengambilan data LAPAN.
5. Bapak Khomsin, S.T, M.T, selaku koordinator tugas akhir.
6. Bapak Mokhamad Nur Cahyadi, S.T, M.Sc, Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Geomatika terimakasih atas kesempatan dan dukungan yang telah Bapak berikan.

7. Seluruh Bapak dan Ibu dosen serta karyawan Teknik Geomatika ITS, yang telah memberikan materi perkuliahan, bantuan, semangat, harapan, dukungan, ilmu dan bimbingannya.
8. Kepada keluarga besar Angkatan 2012 yang selama ini menjadi teman sekaligus keluarga saat kuliah. Terima kasih atas dukungan, waktu kebersamaan, kenangan dan doa teman-teman.
9. Semua pihak yang telah membantu, yang tidak mungkin penulis sebutkan satu per satu.

Penulis sadar bahwa laporan ini masih banyak kekurangan baik dalam penulisan maupun isi dari laporan ini, karena itu kami sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun guna perbaikan kelak. Akhir kata, penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan, semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat untuk mahasiswa Teknik Geomatika.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh

Surabaya, Juni 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
ABSTRAK.....	v
<i>ABSTRACT</i>	vii
HALAMAN PENGESAHAN	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Laut Selatan Pulau Lombok.....	5
2.2 <i>Eucheuma Cottoni</i>	6
2.3 Suhu	9
2.4 TSS (<i>Total Suspended Solid</i>).	10
2.5 Klorofil-a	11
2.6 Landsat	13
2.7 Perbaikan Citra	18
2.8 <i>Normalized Mean Absolute Error (NMAE)</i>	21

2.9 Regresi Linier.....	21
2.10 Penelitian Terdahulu.....	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	25
3.1 Lokasi Penelitian.....	25
3.2 Data dan Peralatan.....	25
3.2.1. Data.....	25
3.2.2. Peralatan	26
3.3 Tahapan Penelitian.....	26
3.4 Tahapan Pengolahan Data.....	28
BAB IV HASIL DAN ANALISA	33
4.1. Pin Titik Pembuatan Validasi.....	33
4.2. Hasil Perhitungan TSS Algoritma Jaelani, 2016	34
4.3. Hasil Perhitungan Suhu	36
4.4. Hasil Perhitungan Nilai Klorofil a	38
4.5. Pemodelan Algoritma	40
4.6. Hasil Perhitungan TSS Algoritma Pemodelan.....	44
4.7. Perhitungan Nilai Klorofil-a Algoritma Pemodelan..	48
4.8 Overlay	50
4.9 Analisa	52
4.8.1 Pemodelan Algoritma.....	52
4.8.2 Perbandingan hasil algoritma TSS.....	53
4.8.3 Perbandingan hasil algoritma Klorofil a.....	54
4.8.4 Kesesuaian Kualitas air	54
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	57
5.1. Kesimpulan	57

5.2. Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN.....	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Laut Selatan Pulau Lombok	13
Gambar 2.2 <i>Eucheuma cottoni</i>	15
Gambar 2.3 Satelit Landsat	17
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian	25
Gambar 3.2 Diagram Alir Tahapan Pelaksanaan	27
Gambar 3.3 Tahap Pengolahan Data	29
Gambar 4.1 Peta Sebaran TSS dengan algoritma Jaelani,2016...	33
Gambar 4.2 Peta Sebaran Suhu dengan Algoritma Syariz	37
Gambar 4.3 Peta Sebaran Klorofil a dengan algoritma Jaelani,2015	38
Gambar 4.4 Grafik Regresi model algoritma 1	42
Gambar 4.5 Grafik Regresi model algoritma 3	42
Gambar 4.6 Peta Sebaran TSS di Laut Selatan Pulau Lombok....	46
Gambar 4.7 Peta Sebaran Klorofil a dengan algoritma pemodelan di Laut Selatan Pulau Lombok	47
Gambar 4.8 Peta Kesesuaian Budidaya Rumput Laut <i>Eucheuma cottoni</i> di Laut Selatan Pulau Lombok	50
Gambar 4.9 Grafik hubungan antara <i>Rrs in situ</i> dan <i>Rrs</i> citra	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi <i>Eucheuma cottoni</i>	8
Tabel 2.2 Kualitas air yang sesuai untuk budidaya <i>Eucheuma cottoni</i>	12
Tabel 2.3 Tabel macam- macam produk Landsat	15
Tabel 3.1 Tabel data citra Landsat 8	28
Tabel 4.1 Tabel titik uji validasi <i>NMAE</i>	36
Tabel 4.2 Hasil ekstrak piksel perhitungan TSS dan perbandingan <i>NMAE</i> terhadap data <i>in situ</i>	37
Tabel 4.3 Hasil ekstrak piksel perhitungan suhu dengan algoritma Syariz.....	38
Tabel 4.4 Hasil ekstrak piksel sebaran klorofil a dan perbandingan <i>NMAE</i> terhadap data <i>in situ</i>	41
Tabel 4.5 Titik pembuatan algoritma baru dari <i>insitu</i>	42
Tabel 4.6 Hasil perbandingan nilai TSS dengan <i>Rrs in situ</i> dengan berbagai model regresi	43
Tabel 4.7 Hasil ekstrak piksel dengan algoritma 3 dan hitungan <i>NMAE</i>	44
Tabel 4.8 Hasil ekstrak piksel dengan algoritma pemodelan 1 dan hitungan <i>NMAE</i>	45
Tabel 4.9 Hasil ekstrak piksel perhitungan klorofil a dengan algoritma pemodelan	48

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Laut laut Indonesia dengan garis pantai sekitar 81.000 km diyakini memiliki potensi rumput laut yang sangat tinggi. Tercatat sedikitnya ada 555 jenis rumput laut di laut Indonesia, diantaranya ada 55 jenis yang memiliki nilai ekonomis yang tinggi. Pada tahun 2013, rumput laut sudah menjadi roh perekonomian masyarakat di sekitar Laut Selatan Pulau Lombok yang memiliki garis pantai sepanjang 52,6 km.

Jenis rumput laut yang dikembangkan di Laut Selatan Pulau Lombok adalah jenis *Eucheuma cottoni* yang awalnya didatangkan dari Maumere, Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT), pada 2006. *Eucheuma cottoni* merupakan spesies rumput laut yang banyak dibudidayakan di laut Indonesia. Hal tersebut dikarenakan manfaat pikokoloidnya yang besar yaitu keragaman dan agar serta teknik budidayanya yang relatif mudah dan murah. *Eucheuma cottoni* merupakan rumput laut merah (*Rhodophyta*) yang kaya akan pigmen fotosintesis dan pigmen aksesoris lainnya, yaitu klorofil-a, α -karoten, β -karoten, fikobilin, neozantin dan zeaxanthin (Luning, 1990).

Laut Selatan Pulau Lombok kini telah menjadi sentra perbanyakan bibit rumput laut kultur jaringan dengan produksi pada tahun 2014 mencapai 756.355 ton, dengan potensi di daerah tersebut mencapai 400 hektar yang distribusinya didistribusikan ke seluruh wilayah Indonesia. Pembudidayaan di daerah tersebut hanya memfokuskan diri pada usaha penyediaan dan pengembangannya bibit tersebut tanpa melihat lokasi yang sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) mengenai lokasi yang sesuai untuk budidaya rumput laut, sehingga semakin lama produksi

rumput laut di laut selatan pulau Lombok semakin menurun sehingga banyak para pembudidaya rumput beralih profesi, padahal dahulu mereka memiliki omset yang besar pada bidang budidaya rumput laut tersebut.

Penentuan lokasi budidaya rumput laut mengalami banyak kendala. Kegagalan produksi diduga karena rendahnya kandungan nutrisi pada laut tersebut. Rumput laut jenis *Eucheuma cottoni* hidup dengan cara menyerap nutrisi dari laut dan melakukan fotosintesis, sehingga membutuhkan faktor-faktor fisika dan kimia laut seperti arus, suhu, nitrat, dan fosfat serta pencahayaan sinar matahari. Estimasi parameter kualitas air untuk kesesuaian budidaya *Eucheuma cottoni* dapat dilakukan dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh untuk menganalisis beberapa parameter kesesuaian air untuk budidaya *Eucheuma cottoni* yaitu *Total Suspended Solid* (TSS), suhu, dan klorofil-a.

Teknologi penginderaan jauh adalah salah satu metode yang dapat digunakan sebagai kontrol kualitas air yang baik digunakan untuk mengetahui lokasi yang sesuai untuk pengembangan budidaya rumput laut. Menurut Giap (2005), penginderaan jauh memiliki kemampuan pemantauan daerah yang luas secara periodik serta dapat mengamati atau melihat suatu objek pada jarak tertentu dengan mendeteksi sifat-sifat (karakteristik) dominan objek tersebut tanpa mendatangi secara langsung objek tersebut. Karakteristik dominan yang didapat

Dalam penginderaan jauh terdapat banyak jenis citra maupun sensor yang digunakan sesuai dengan kebutuhan penelitian yang ada. Pada penelitian ini, citra yang digunakan adalah Landsat 8, dikarenakan telah banyak penelitian kualitas air dengan parameter menggunakan TSS, suhu, dan klorofil-a pada Landsat 8 (Naksidin dan Pangerang, 2013; Nirmala dan Budhiman 2013). Sehingga akan lebih mudah dalam pencarian algoritma yang sesuai untuk melihat parameter-parameter yang ada, maka akan didapat penyelesaian bila terjadi

permasalahan dikarenakan akan memiliki banyak referensi. Algoritma-algoritma yang digunakan dalam penelitian ini adalah algoritma-algoritma yang sudah umum dipakai untuk penelitian di Indonesia, yaitu untuk TSS menggunakan algoritma Jaelani (2016), suhu menggunakan algoritma USGS dan klorofil-a menggunakan algoritma Jaelani (2015) yang selanjutnya akan divalidasi menggunakan data *insitu*. Bila hasil validasi dengan pemrosesan citra memiliki kesalahan yang besar / *Normalized Mean Absolute Error* $\leq 30\%$ maka akan dilakukan suatu pemodelan ulang pada algoritma yang akan digunakan untuk penelitian ini.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui daerah yang berada pada laut selatan pulau lombok untuk kesesuaian budidaya rumput laut *Eucheuma cottoni* dengan parameter TSS, suhu dan klorofil-a. Penelitian ini juga sebagai penelitian lanjutan dari penelitian-penelitian sebelumnya mengenai kualitas air yang telah banyak dilakukan di Indonesia, selain itu penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat bagi masyarakat dan pemerintah setempat sebagai acuan untuk memaksimalkan produksi *Eucheuma cottoni* di laut selatan pulau Lombok.

1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas, permasalahan yang muncul adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana kondisi kualitas air di Laut Selatan Pulau Lombok dengan parameter TSS, suhu dan klorofil-a yang diketahui melalui teknologi penginderaan jauh?
- b. Daerah mana pada Laut Selatan Pulau Lombok yang sesuai untuk budidaya *Eucheuma Cottoni* sesuai dengan parameter TSS, suhu dan klorofil-a yang diketahui melalui teknologi penginderaan jauh?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Penelitian ini menjelaskan lokasi air yang berada di Laut Selatan Pulau Lombok yang sesuai untuk keperluan budidaya rumput laut jenis *Eucheuma cottoni* dengan parameter *Total Suspended Solid* (TSS), suhu dan klorofil-a.
- b. Citra yang digunakan adalah Landsat 8 (L1T) pada tanggal 19 September 2014 dengan validasi data *in-situ* berupa data TSS, suhu dan klorofil a pada tanggal yang sama.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Untuk mengetahui kondisi kualitas air yang berada di Laut Selatan Pulau Lombok dengan parameter TSS, suhu dan klorofil-a yang diketahui melalui teknologi penginderaan jauh.
- b. Untuk mengetahui lokasi air pada Laut Selatan Pulau Lombok yang sesuai untuk budidaya *Eucheuma cottoni* sesuai dengan parameter TSS, suhu dan klorofil-a yang diketahui melalui teknologi penginderaan jauh.
- c. Untuk analisis kesesuaian kualitas air untuk budidaya *Eucheuma cottoni* berdasarkan parameter TSS, suhu dan klorofil-a.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut

- a. Memberikan informasi mengenai kualitas air yang sesuai untuk budidaya *Eucheuma cottoni*.
- b. Memberikan informasi tentang kualitas air yang ada di Laut Selatan Pulau Lombok dan kesesuaian lokasi dengan parameter-parameter budidaya rumput laut jenis *Eucheuma cottoni*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Laut Selatan Pulau Lombok

Laut Lombok Selatan termasuk dalam Kabupaten Lombok Tengah. Wilayah Lombok Tengah yang membujur dari utara ke selatan tersebut mempunyai letak dan ketinggian yang bervariasi mulai dari nol hingga 2000 meter dari permukaan laut. Bagian utara berupa daerah vulkanis dan di bagian selatan berupa daerah vulkanis dan dibagian selatan berupa daerah kapur. Total luas potensi untuk budidaya laut 2,255 Ha, sampai dengan saat ini, baru dimanfaatkan seluas 53,34 Ha atau 1,60% dari total luas potensi yang ada dan pemanfaatan potensi tersebut didominasi oleh pengembangan budidaya rumput laut yang diusahakan secara tradisional yaitu seluas 53,2 Ha atau 6,37% dari luas potensi budidaya rumput laut sebesar 835 Ha dengan jumlah produksi sebesar 27.000 ton.



Gambar 2.1 Laut Selatan Pulau Lombok
(Sumber: <http://wikimedia.com>)

Wilayah perairan Selatan pulau Lombok merupakan salah satu dari 10 kawasan minapolitan untuk komoditas rumput laut jenis *Eucheuma cottoni*. Selain menjadi kawasan minapolitan untuk komoditas rumput laut, Perairan Selatan Pulau Lombok juga sangat terkenal sebagai tempat selancar terbaik karena ombaknya selalu besar sepanjang musim. Geomorfologi Perairan Selatan Pulau Lombok merupakan pantai yang berbentuk teluk yang terbentuk dari aktifitas tektonik, prtumbuhan koral, gunung api retas diorit, serta proses abrasi dan sedimentasi dengan jenis tanah antara lain aluvial, regusol kelabu, kompleks gramusol kelabu, regusol coklat, *brown forest soil*, dan kompleks mediteran coklat.

2.2 *Eucheuma cottoni*

Eucheuma cottoni merupakan salah satu jenis rumput laut merah (*Rhodophyceae*) dan berubah nama menjadi *Kappaphycus alvarezii* karena keragihan yang dihasilkan termasuk fraksi fraksi kappa- keragihan. Maka jenis ini secara taksonomi disebut *Kappaphycus alvarezzi*. Nama daerah *cottoni* umumnya lebih dikenal dan biasa dipakai dalam dunia perdagangan nasional maupun internasional. Klasifikasi *Eucheuma cottoni* adalah sebagai berikut

Tabel 2.1 Klasifikasi *Eucheuma cottoni*
(sumber: <https://en.wikipedia.org/wiki/eucheuma-cottoni>)

Kingdom	<i>Plantae</i>
Divisi	<i>Rhodophyta</i>
Kelas	<i>Rhodophyceae</i>
Ordo	<i>Gigartinales</i>
Famili	<i>Solieracea</i>
Genus	<i>Eucheuma</i>
Species	<i>Eucehuma Alvarezii</i>

Eucheuma Cottonii merupakan spesies rumput laut yang banyak dibudidayakan di perairan Indonesia. Hal tersebut dikarenakan manfaat pikokoloidnya yang besar yaitu keragihan dan agar serta teknik budidayanya yang relatif mudah dan murah. *Eucheuma cottonii* merupakan rumput laut merah (Rhodophyta) yang kaya akan pigmen fotosintesis dan pigmen aksesoris lainnya, yaitu klorofil-a, α -karoten, β -karoten, fikobilin, neozantin dan zeaxanthin (Luning, 1990).



Gambar 2.2 *Eucheuma Cottonii*

(Sumber: [http\\wikipedia.com](http://wikipedia.com))

Logam dan mineral hampir selalu ditemukan dalam air tawar ataupun air laut. Masuknya logam berat seperti Hg (merkuri), Pb (timbal), Zn (seng), Cd (kadmium) dan logam berat lainnya dalam perairan laut dengan konsentrasi yang berlebih dapat memberikan efek toksik bagi organisme laut baik hewan ataupun tumbuhan. Pb dan Cd merupakan logam berat yang beracun dan merupakan unsur non esensial bagi kehidupan organisme khususnya rumput laut. Rumput laut mengakumulasi logam berat dari lingkungan perairan tempat hidupnya (Lamai, dkk. 2005).

Ciri fisik *Eucheuma cottonii* adalah mempunyai *thallus* silindris, permukaan licin, *cartilogeneus*. Keadaan warna tidak selalu tetap, kadang-kadang berwarna hijau, hijau kuning, abu-abu atau merah. Perubahan warna sering terjadi hanya karena faktor lingkungan. Kejadian ini merupakan suatu proses adaptasi kromatik yaitu penyesuaian antara proporsi pigmen dengan berbagai kualitas pencahayaan (Aslan 1998). Penampakan thalli bervariasi mulai dari bentuk sederhana sampai kompleks. Duri-

duri pada *thallus* runcing memanjang, agak jarang-jarang dan tidak bersusun melingkari *thallus*. Percabangan ke berbagai arah dengan batang-batang utama keluar saling berdekatan ke daerah basal (pangkal). Tumbuh melekat ke substrat dengan alat perekat berupa cakram. Cabang-cabang pertama dan kedua tumbuh dengan membentuk rumpun yang rimbun dengan ciri khusus mengarah ke arah datangnya sinar matahari (Atmadja 1996).

Rumput laut *Eucheuma cottonii* mempunyai ciri-ciri yaitu *thallus* silindris, percabangan *thallus* berujung runcing atau tumpul, ditumbuhi *nodulus* (tonjolan-tonjolan), berwarna cokelat kemerahan, *cartilagineus* (menyerupai tulang rawan atau muda), percabangan bersifat *alternates* (berseling), tidak teratur serta dapat bersifat *dichotomus* (percabangan dua-dua) atau *trichotomus* (system percabangan tiga-tiga) Rumput laut *Eucheuma cottonii* memerlukan sinar matahari untuk proses fotosintesa. Oleh karena itu, rumput laut jenis ini hanya mungkin dapat hidup pada lapisan fotik, yaitu pada kedalaman sejauh sinar matahari masih mampu mencapainya. Di alam, jenis ini biasanya hidup berkumpul dalam satu komunitas atau koloni.

Eucheuma cottonii tumbuh di rataaan terumbu karang dangkal sampai kedalaman 6 m, melekat di batu karang, cangkang kerang dan benda keras lainnya. Faktor yang sangat berpengaruh pada pertumbuhan jenis ini yaitu cukup arus dan salinitas (kadar garam) yang stabil, yaitu berkisar 28-34 per mil. Oleh karenanya rumput laut jenis ini akan hidup baik bila jauh dari muara sungai. Jenis ini telah dibudidayakan dengan cara diikat pada tali sehingga tidak perlu melekat pada substrat karang atau benda lainnya.

Tabel 2.2 Kualitas air yang sesuai untuk budidaya *Eucheuma Cottoni*
 Sumber: SNI 7579.2:2010 dengan modifikasi Hartoko dan Kangkan
 (2011)

Parameter	Baik	Sedang	Kurang	Bobot
Nitrat (mg/l)	0,9- 3,2	0,7 – 0,8 3,3 - 3,4	<0,7 >3,4	15
Fosfat (mg/l)	0,2 – 0,5	0,1 – 0,2 0,5	<0,1	15
Kedalaman (m)	1-10	11-15	<1 >15	15
Kecerahan Perairan (m)	>3	1-3	<1	15
Padatan Tersuspensi (mg/l)	<25	25- 50	>50	15
Salinitas (ppt)	32- 34	20-32	<30 >34	10
Suhu (°C)	24- 30	20-24	<20 >30	10
pH	6,5 – 8,5	4- 6,4 8,5- 9	<4 >9,5	10
Klorofil-a (mg/l)	>10	4-10	<4	5
Kecepatan Arus (cm/dt)	<25	25-50	>50	5
Bottom Substrat	Karang	Pasir	Lumpur	5

2.3 Suhu

Sebagian besar biota laut bersifat poikilometrik (suhu tubuh dipengaruhi lingkungan) sehingga suhu merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam mengatur proses kehidupan dan penyebaran organisme (Nybakken, 1988).

Suhu adalah ukuran energi gerakan molekul. Di samudra, suhu bervariasi secara horizontal sesuai garis lintang dan juga vertikal sesuai kedalaman. Suhu merupakan salah satu faktor yang penting dalam mengatur proses kehidupan dan persebaran organisme. Proses kehidupan yang vital yang secara kolektif

disebut metabolisme, hanya berfungsi didalam kisaran suhu yang relatif sempit, biasanya antara 0 °C – 40°C, meskipun demikian beberapa ganggang hijau biru mampu mentolerir suhu sampai 85°C. selain itu, suhu juga sangat penting bagi kehidupan organisme di perairan, karena suhu mempengaruhi baik aktifitas maupun perkembangbiakan dari organisme tersebut. Oleh karena itu, tidak heran jika banyak dijumpai bermacam macam jenis ikan yang terdapat di berbagai tempat di dunia yang mempunyai toleransi tertentu terhadap suhu.

2.4 TSS (Total Suspended Solid).

Total Suspended Solid (TSS) adalah salah satu parameter yang digunakan untuk pengukuran kualitas air. Pengukuran TSS berdasarkan pada berat kering partikel yang terperangkap oleh filter, biasanya dengan ukuran pori tertentu. Umumnya, filter yang digunakan memiliki ukuran pori 0,45µm. Keberadaan TSS dapat mengganggu keseimbangan ekosistem perairan yang pada akhirnya akan berdampak buruk bagi kelangsungan hidup manusia, seperti pendangkalan pelabuhan, punahnya beberapa ekosistem perairan, dan kerusakan lingkungan.

TSS adalah zat-zat padat yang berada dalam suspensi, dapat dibedakan menurut ukurannya sebagai partikel tersuspensi koloid (partikel koloid) dalam partikel tersuspensi biasa (partikel tersuspensi)(Alaerts dan Santika, 1987).

Jenis partikel koloid tersebut adalah penyebab kekeruhan dalam air (efek tyndall) yang disebabkan oleh penyimpangan sinar nyata yang menembus suspensi tersebut. Partikel-partikel koloid tidak terlihat secara visual, sedangkan larutannya (tanpa partikel koloid) yang terdiri dari ion-ion dan molekul – molekul tidak pernah keruh. Larutan menjadi keruh bila terjadi pengendapan (presipitasi) yang merupakan keadaan kejenuhan dari suatu senyawa kimia. Partikel-partikel tersuspensi biasa, mempunyai ukuran lebih besar dari partikel koloid dan dapat menghalangi sinar yang akan menembus

suspensi, sehingga suspensi tidak dapat dikatakan keruh, karena sebenarnya air diantara partikel-partikel tersuspensi tidak keruh dan tidak menyimpang (Alaerts dan Santika, 1987).

Kandungan TSS memiliki hubungan yang erat dengan kecerahan perairan. Keberadaan padatan tersuspensi tersebut akan menghalangi penetrasi cahaya yang masuk ke perairan sehingga hubungan TSS dan kecerahan akan menunjukkan hubungan yang berbanding terbalik. Nilai TSS umumnya semakin rendah ke arah laut. Hal ini disebabkan padatan tersuspensi tersebut disuplai oleh daratan melalui aliran sungai. Keberadaan padatan tersuspensi masih bisa berdampak positif apabila tidak melebihi toleransi sebaran suspensi baku mutu kualitas perairan yang ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup, yaitu 70 mg/L (Herfinalis, 2005)

2.5 Klorofil-a

Klorofil-a merupakan pigmen hijau fitoplankton yang digunakan dalam proses fotosintesis. Semua fitoplankton mengandung klorofil-a yang beratnya kira-kira 1 – 2 % dari berat kering alga (Realino, 2005). Sebenarnya ada tiga macam klorofil, yaitu klorofil-a, klorofil-b, dan klorofil-c. Dari ketiga jenis klorofil tersebut, klorofil-a merupakan pigmen yang paling umum terdapat pada fitoplankton sehingga kelimpahannya dapat diketahui melalui pengukuran konsentrasi klorofil-a di perairan (Parsons dkk., 1984 dalam Realino, 2005).

Klorofil-a merupakan salah satu dari parameter yang sangat menentukan produktivitas primer di perairan pantai atau laut. Klorofil-a merupakan suatu pigmen yang didapatkan dalam fitoplankton dan mempunyai fungsi sebagai mediator dalam proses fotosintesis. Oleh karena itu, kandungan klorofil-a dalam perairan merupakan salah satu indikator tinggi rendahnya kelimpahan fitoplankton atau tingkat kesuburan suatu perairan. Sebaran dan tinggi rendahnya konsentrasi

klorofil-a sangat terkait dengan kondisi oseanografis suatu perairan (Wyrski, 1961 dalam Hartoko dkk., 2009).

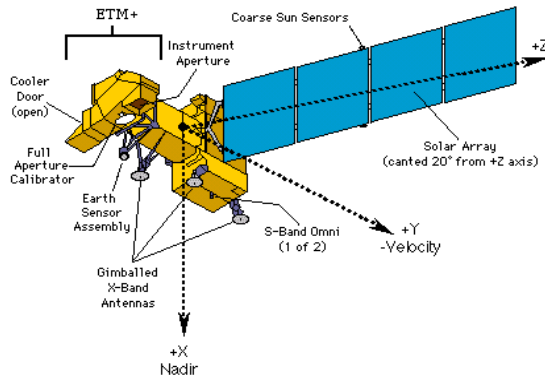
Sebaran klorofil-a di laut bervariasi secara geografis maupun berdasarkan kedalaman perairan. Di laut, sebaran klorofil-a lebih tinggi konsentrasinya pada perairan pantai dan pesisir, serta rendah di perairan lepas pantai. Tingginya sebaran konsentrasi klorofil-a di perairan pantai dan pesisir disebabkan karena adanya suplai nutrisi dalam jumlah besar melalui *run-off* dari daratan, sedangkan rendahnya konsentrasi klorofil-a di perairan lepas pantai karena tidak adanya suplai nutrisi dari daratan secara langsung. Namun, pada daerah-daerah tertentu di perairan lepas pantai dijumpai konsentrasi klorofil-a dalam jumlah yang cukup tinggi. Keadaan ini disebabkan oleh tingginya konsentrasi nutrisi yang dihasilkan melalui proses fisik massa air, dimana massa air mengangkat nutrisi dari lapisan dalam ke lapisan permukaan (Valiela, 1984 dalam Hartoko dkk., 2009).

Konsentrasi klorofil-a suatu perairan sangat tergantung pada ketersediaan nutrisi dan intensitas cahaya matahari. Bila nutrisi dan intensitas cahaya matahari cukup tersedia, maka konsentrasi klorofil-a akan tinggi, begitu pula sebaliknya. Perairan oseanis di daerah tropis umumnya memiliki konsentrasi klorofil-a yang rendah karena keterbatasan nutrisi dan kuatnya stratifikasi kolom perairan akibat pemanasan permukaan yang terjadi hampir sepanjang tahun. Namun, berdasarkan pola penyebaran klorofil-a secara musiman maupun secara spasial, di beberapa bagian perairan dijumpai konsentrasi klorofil-a yang cukup tinggi. Hal ini disebabkan karena adanya pengkayaan nutrisi pada lapisan permukaan perairan melalui dinamika massa air, diantaranya yaitu *upwelling*, pencampuran vertikal massa air, serta pola pergerakan massa air yang membawa nutrisi dari perairan sekitarnya (Tubalawony, 2007).

2.6 Landsat

Citra Landsat merupakan gambaran permukaan Bumi yang diambil dari luar angkasa dengan ketinggian kurang lebih 818 km dari permukaan Bumi, dengan skala 1:250.000. Dalam setiap perekaman citra Landsat mempunyai cakupan area 185 km x 185 km sehingga aspek dari objek tertentu yang cukup luas dapat diidentifikasi tanpa menjelajah seluruh daerah yang disurvei atau yang dianalisis. Citra Landsat merupakan citra yang dihasilkan dari beberapa spektral dengan panjang gelombang yang berbeda.

Data Landsat TM (*Thematic Mapper*) diperoleh pada tujuh saluran spektral yaitu tiga saluran tampak, satu saluran inframerah dekat, dua saluran inframerah tengah, dan satu saluran inframerah sensor suhu. Lokasi dan lebar dari ketujuh saluran ini ditentukan dengan mempertimbangkan kepekaannya terhadap fenomena alami tertentu dan untuk menekan sekecil mungkin pelemahan energi permukaan Bumi oleh kondisi atmosfer Bumi. Kebanyakan saluran TM dipilih setelah analisis nilai lebihnya dalam pemisahan vegetasi, pengukuran kelembaban tumbuhan dan tanah, pembedaan awan dan salju, dan identifikasi perubahan suhu permukaan laut pada tipe tipe tertentu. Data TM mempunyai proyeksi tanah IFOV (*Instantaneous Field of View*) atau ukuran daerah yang diliput dari setiap piksel atau sering disebut resolusi spasial. Resolusi spasial untuk keenam saluran spektral sebesar 30 meter, sedangkan resolusi spasial untuk saluran inframerah thermal adalah 120 m.



Gambar 2.3 Satelit Landsat

(sumber: <http://www.thegeofactor.com>)

Citra Landsat adalah citra yang diambil menggunakan satelit Landsat tentu memiliki kelebihan dan kekurangan diantaranya, kelebihannya adalah dapat merekam wilayah di permukaan Bumi dengan lebih luas atau cakupannya lebih besar. Pada setiap topografi yang ada di permukaan Bumi dibedakan dengan warna serta setiap kejadian yang ada di permukaan Bumi dapat dibedakan dengan panjang gelombang yang ada di citra Landsat.

Landsat adalah suatu wahana penginderaan jauh yang diluncurkan pertama kali pada tahun 1972 (Susanto, 1994). Satelit Landsat memiliki dua buah sensor yaitu *Multi Spectral Scanner* (MSS) dan *Tematic Mapper* (TM). Sensor TM mempunyai resolusi sampai 30m x 30m, dan bekerja mengumpulkan data permukaan Bumi dan setiap luas sapuan 185 km x 185 km. Sedangkan resolusi radiometriknya 8 bit, yang berarti setiap piksel mempunyai nilai jangkauan data dari 0-225. Sensor TM merupakan system yang sangat kompleks yang memerlukan toleransi (kelonggaran) pembuatan yang sangat kecil, sehingga tidak memungkinkan dibuat penyempurnaan di masa mendatang untuk memperkecil resolusi spasial sampai dibawah 20 m (Buller, S. 1998). Berikut adalah sejarah perkembangan Landsat:

- a. Landsat 1 (mulanya dinamakan Earth Resource Technology Satellite 1)- diluncurkan 23 Juli 1972, dan beroperasi terakhir tahun 1978)
- b. Landsat 2, diluncurkan 22 Januari 1975, berakhir 1981
- c. Landsat 3, diluncurkan 5 Maret 1978, berakhir 1983
- d. Landsat 4, diluncurkan 16 Juli 1982, berakhir 1993
- e. Landsat 5, diluncurkan 1 Maret 1984, berakhir 2002
- f. Landsat 6, diluncurkan 5 Oktober 1993, namun gagal mencapai target.
- g. Landsat 7, diluncurkan 15 April 1999, masih berfungsi sampai sekarang.
- h. Landsat 8, diluncurkan 11 Februari 2013, masih berfungsi sampai sekarang.

Landsat 8 lebih cocok disebut sebagai satelit dengan misi melanjutkan Landsat 7 daripada disebut sebagai satelit baru dengan spesifikasi yang baru pula. Ini terlihat dari karakteristiknya yang mirip dengan Landsat 7, baik resolusinya (spasial, temporal dan spektral), metode koreksi, ketinggian terbang maupun karakteristik sensor yang dibawa. Hanya saja ada beberapa tambahan yang menjadi titik penyempurnaan dari Landsat 7 seperti jumlah kanal, rentang spektrum gelombang elektromagnetik terendah yang dapat ditangkap sensor serta nilai bit (rentang nilai *Digital Number*) dari tiap piksel citra.

Satelit Landsat 8 memiliki sensor *Onboard Operational Land Imager (OLI)* dan *Thermal Infrared Sensor (TIRS)* dengan jumlah kanal sebanyak 11 buah. Diantara kanal-kanal tersebut, 9 kanal (kanal 1-9) berada pada OLI dan 2 lainnya (kanal 10 dan 11) pada TIRS. Sebagian besar kanal memiliki spesifikasi mirip dengan Landsat 7.

Tabel 2.3 Tabel macam macam produk Landsat
(sumber: <http://www.thegeofactor.com>)

Level	Karakteristik
OR	Level ini dapat dikatakan sebagai data mentahnya Landsat 7, dimana dalam data Landsat belum mengalami koreksi radiometrik dan geometrik.
1R	Produk pada level ini adalah level OR yang telah mengalami koreksi radiometrik
1G	Produk pada level ini adalah level 1R yang telah mengalami koreksi geometrik pada proyeksi tertentu. Terdapat 7 pilihan proyeksi yang biasa digunakan yaitu: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Universal Traverse Mercator</i> - <i>Lambert Conformal Conic</i> - <i>Polyconic</i> - <i>Transverse Mercator</i> - <i>Hotline Oblique Mercator A</i> - <i>Space Oblique Mercator</i>

Keunggulan Landsat 8 dibandingkan versi-versi sebelumnya, Landsat 8 memiliki beberapa keunggulan khususnya terkait spesifikasi kanal-kanal yang dimiliki maupun panjang rentang spektrum gelombang elektromagnetik yang ditangkap. Sebagaimana telah diketahui, warna objek pada citra tersusun atas 3 warna dasar, yaitu merah, hijau dan biru (RGB). Dengan makin banyaknya kanal sebagai penyusun RGB komposit, maka warna-warna obyek menjadi lebih bervariasi.

Ada beberapa spesifikasi baru yang terpasang pada kanal Landsat ini khususnya pada kanal 1, 9, 10, dan 11. Kanal 1 (*ultra blue*) dapat menangkap panjang gelombang elektromagnetik lebih rendah dari pada kanal yang sama pada Landsat 7, sehingga lebih sensitif terhadap perbedaan reflektan air laut atau aerosol. Kanal ini unggul dalam membedakan

konsentrasi aerosol di atmosfer dan mengidentifikasi karakteristik tampilan air laut pada kedalaman berbeda.

Deteksi terhadap awan cirrus juga lebih baik dengan dipasangnya kanal 9 pada sensor OLI, sedangkan kanal thermal (kanal 10 dan 11) sangat bermanfaat untuk mendeteksi perbedaan suhu permukaan Bumi dengan resolusi spasial 100 m. Pemanfaatan sensor ini dapat membedakan bagian permukaan Bumi yang memiliki suhu lebih panas dibandingkan area sekitarnya. Pengujian telah dilakukan untuk melihat tampilan kawah puncak gunung berapi, dengan kawah yang suhunya lebih panas, pada citra Landsat 8 terlihat lebih terang dari pada area-area sekitarnya.

Sebelumnya kita mengenal tingkat keabuan (*Digital Number*) pada citra Landsat berkisar antara 0-256. Dengan hadirnya Landsat 8, nilai DN memiliki interval yang lebih panjang, yaitu 0 - 4096. Kelebihan ini merupakan akibat dari peningkatan sensitifitas Landsat dari yang semula tiap piksel memiliki kuantifikasi 8 bit, sekarang telah ditingkatkan menjadi 12 bit. Tentu saja peningkatan ini akan lebih membedakan tampilan obyek-obyek di permukaan Bumi sehingga mengurangi terjadinya kesalahan interpretasi. Tampilan citra pun menjadi lebih halus, baik pada kanal multispektral maupun pankromatik. Terkait resolusi spasial, Landsat 8 memiliki kanal-kanal dengan resolusi tingkat menengah, setara dengan kanal-kanal pada Landsat 5 dan 7. Umumnya kanal pada OLI memiliki resolusi 30 m, kecuali untuk pankromatik 15 m. Dengan demikian produk-produk citra yang dihasilkan oleh Landsat 5 dan 7 pada beberapa dekade masih relevan bagi studi data *time series* terhadap Landsat 8.

Kelebihan lainnya tentu saja adalah akses data yang terbuka dan gratis. Meskipun resolusi yang dimiliki tidak setinggi citra berbayar seperti Ikonos, Geo Eye atau Quick Bird, namun resolusi 30 m dan piksel 12 bit akan memberikan begitu banyak informasi berharga bagi para pengguna.

Terlebih lagi, produk citra ini bersifat *time series* tanpa *striping* (kelemahan Landsat 7 setelah tahun 2003). Dengan memanfaatkan citra-citra keluaran versi sebelumnya, tentunya akan lebih banyak lagi informasi yang dapat tergali.

2.7 Perbaikan Citra

Untuk keperluan penginderaan jauh, sebuah citra dari satelit maupun foto udara harus terlebih dahulu melewati suatu kegiatan yang disebut *pre-processing* untuk kemudian informasi yang terdapat padanya dapat diambil. Kegiatan *pre-processing* sangatlah penting agar informasi yang diambil dari suatu citra tidak salah, sehingga dapat menimbulkan perselisihan pada kemudian hari. *Pre-processing* ini dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian, yaitu koreksi geometrik dan koreksi radiometrik.

Koreksi radiometrik ditujukan untuk memperbaiki nilai piksel supaya sesuai dengan yang seharusnya yang biasanya mempertimbangkan faktor gangguan atmosfer sebagai sumber kesalahan utama. Efek atmosfer menyebabkan nilai pantulan obyek dipermukaan Bumi yang terekam oleh sensor menjadi bukan merupakan nilai aslinya, tetapi menjadi lebih besar oleh karena adanya hamburan atau lebih kecil karena proses serapan. Metode-metode yang sering digunakan untuk menghilangkan efek atmosfer antara lain metode pergeseran histogram (*histogram adjustment*), metode regresi dan metode kalibrasi bayangan. (Danoedoro, 1996).

Terdapat dua kelompok dalam melakukan koreksi radiometrik yaitu kalibrasi radiometrik dan koreksi atmosfer. Kalibrasi radiometrik merupakan langkah pertama yang harus dilakukan saat kita mengolah data citra satelit. Tujuan utama dari kalibrasi radiometrik adalah untuk mengubah data pada citra yang disimpan dalam bentuk digital number (DN) menjadi radian dan/atau reflektan. Selain itu juga dalam kalibrasi radiometrik ini bisa mengubah digital number

menjadi *brightness temperature*. Pada kalibrasi radiometrik terdapat dua cara berdasarkan data yang diperoleh yaitu : cara pertama menggunakan *gain* dan *offset*, data yang diperlukan adalah *radiance* atau *reflectance multiple rescaling factor* (GAIN) dan *additive rescaling factor offset* kemudian cara kedua menggunakan nilai radian atau reflektan maksimum dan minimum.

Koreksi radiometric memiliki beberapa unsur didalamnya. Koreksi ini dilakukan untuk memperbaiki kesalahan atau distorsi yang diakibatkan tidak sempurnanya operasi dan sensor. Selain mengubah DN menjadi nilai reflektan dan radian pada koreksi ini terdapat juga koreksi atmosferik. koreksi ini diakibatkan karena banyak faktor, yaitu adanya atenuasi gelombang elektromagnetik oleh atmosfer, variasi sudut pengambilan data, variasi sudut eliminasi, sudut pantul dan lain lain yang dapat terjadi selama proses data dari sensor hingga siap diolah.

Koreksi atmosfer sendiri memiliki berbagai metode yang umum digunakan, salah satunya adalah koreksi atmosfer metode *Second Simulation of a Satellite Signal in the Solar Spectrum-Vector* (6SV) yang dilakukan melalui 6s.ltdri.org dengan 6 parameter pengolahan koreksi tersebut yaitu, *Geometrical Condition, Atmospheric Model, Target and Sensor Altitude, Spectral Condition, Ground Reflectance, Signal*. Dalam penelitian ini, koreksi dari efek atmosfer dilakukan dengan menggunakan parameter koreksi dari hasil simulasi menggunakan *Second Simulation of a Satellite Signal in the Solar Spectrum-Vector* (6SV), dengan persamaan

$$Y = X_a \times (L_\lambda) - X_b \quad (2.1)$$

$$arc = \frac{Y}{(1. + X_c Y)} \quad (2.2)$$

$$Rrs(\lambda) = \frac{arc}{\pi} \quad (2.3)$$

dimana :

Arc = *atmospheric correction reflectance*

L_{λ} = nilai radian *TOA*

$Rrs(\lambda)$ = reflektan permukaan

X_a, X_b, X_c = koefisien parameter koreksi atmosfer

Pada *processing* data, ada beberapa algoritma yang telah dikembangkan untuk menunjang penelitian ini,

- a. Analisis parameter suhu berdasarkan algoritma Syariz, 2015

$$Suhu = -0,0197 x^2 + 0,2881x + 29,004 \quad (2.4)$$

Dimana:

Suhu = Suhu di *Top of Atmosfer*

K1= Konstanta konversi suhu (dari metadata)

K2= Konstanta konversi suhu (dari metadata)

$L(\lambda)$ = Spektral Radian

- b. Analisis parameter muatan padatan tersuspensi berdasarkan data Landsat 8 (Jaelani, 2016)

$$\text{Log}(TSS) = 1.5212 \left(\frac{\log(Rrs(\lambda 2))}{\log(Rrs(\lambda 3))} \right) - 0.3698 \quad (2.5)$$

dimana:

TSS = Muatan padatan Tersuspensi

$Rrs(\lambda 2)$ = *Reflectance Remote Sensing* pada kanal 2

$Rrs(\lambda 3)$ = *Reflectance Remote Sensing* pada kanal 3

- c. Analisis sebaran Konsentrasi Klorofil-a (Jaelani, 2015).

$$\text{Log}(\text{Chl-a}) = -0,9889 \left(\frac{Rrs_4}{Rrs_5} \right) + 0,3619 \quad (2.6)$$

dimana:

Chl-a = Konsentrasi Klorofil a

Rrs_4 = *Reflectance Remote Sensing* pada kanal 4

Rrs_5 = *Reflectance Remote Sensing* pada kanal 5

2.8 Normalized Mean Absolute Error (NMAE)

Beberapa indikator uji kesesuaian yang umum diketahui seperti *Root Mean Square Error* (RMSE) ataupun *Mean Square Error* (MAE) tidak dapat digunakan untuk membandingkan MAT jika diterapkan pada daerah kajian yang berbeda, karena nilai MAT sangat tergantung pada kondisi lokal seperti ukuran matriks dan lainnya.

Untuk tujuan ini, disarankan menggunakan indikator uji statistik *NMAE* yang didefinisikan dalam persamaan

$$NMAE(100\%) = \frac{1}{N} \sum \left| \frac{x_{esti} - x_{meas}}{x_{meas}} \right| \times 100 \quad (2.7)$$

dimana:

NMAE = *Normalized Mean Absolute Error*

N = Jumlah data

X esti = nilai hasil pengolahan

X meas = nilai hasil pengukuran lapangan yang dianggap benar

2.9 Regresi Linier

Analisis regresi linier adalah metode statistik yang dapat digunakan untuk mempelajari hubungan antarsifat permasalahan yang sedang diselidiki. Model analisis regresi linier dapat memodelkan hubungan antara 2 (dua) peubah atau lebih. Pada model ini terdapat peubah tidak bebas (y) yang mempunyai hubungan fungsional dengan satu atau lebih peubah bebas (x_i).

Dalam kasus sederhana, hubungan secara umum dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$Y = A + BX \quad (2.8)$$

dimana:

Y = peubah tidak bebas

X = peubah bebas

A = intersep atau konstanta regresi

B = koefisien regresi

Analisis regresi mempelajari hubungan yang diperoleh dinyatakan dalam persamaan matematika yang menyatakan hubungan fungsional antara variabel-variabel. Hubungan fungsional antara satu variabel prediktor dengan satu variabel kriterium disebut analisis regresi sederhana (tunggal), sedangkan hubungan fungsional yang lebih dari satu variabel disebut analisis regresi ganda.

2.10 Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian ini, beberapa penelitian terdahulu yang mendasari penulis dalam pemilihan judul adalah sebagai berikut:

- a. Studi Kualitas Air untuk Budidaya Rumput Laut (*Kappaphycus alvarezzi*) di Perairan Teluk Kolono Kabupaten Konawe Selatan

Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas perairan dalam budidaya rumput laut dengan hasil parameter fisik-kimia pada masing masing stasiun pengamatan yang telah dipasang pada daerah pengamatan. Stasiun stasiun tersebut mengambil data *in situ* antara lain salinitas, kedalaman, nitrat, TSS, fosfat, dll. Dari persebaran stasiun tersebut diperoleh data kualitas air dan penentuan kawasan yang sesuai dengan budidaya rumput laut di sekitar stasiun pengamatan (Naksidin dan Pangerang, 2013)

- b. Penentuan kesesuaian lokasi budidaya rumput laut di Perairan Selatan Pulau Lombok-NTB menggunakan Inderaja dan SIG

Pada penelitian di tahun 2013 ini penentuan kesesuaian lokasi budidaya rumput laut dilakukan dengan metode penginderaan jauh dengan perbandingan menggunakan data *in situ* untuk menganalisis kesesuaian lokasi budidaya rumput laut di wilayah Laut selatan Pulau Lombok dengan parameter TSM dan SPL, serta keterlindungan. Data citra yang digunakan adalah Landsat 8 dengan menggunakan

perangkat lunak ER Mapper dan kemudian dilakukan pengolahan SIG menggunakan perangkat lunak ArcGIS sehingga dihasilkan peta tematik.

Pada penelitian ini dihasilkan bahwa lokasi yang sesuai untuk budidaya rumput laut masih luas yaitu mencapai 342,44 Ha, dan pada penelitian lanjutan ini akan dilihat perubahan luas pada tahun sebelumnya dikarenakan adanya konflik kepentingan antara nelayan dan pengelola pariwisata daerah.

Penelitian penelitian yang ada tentang rumput laut dikarenakan banyak daerah di Indonesia memiliki potensi yang besar untuk budidaya rumput laut, dan belum dapat dimaksimalkan dari segi efisiensi biaya dan lokasi (Nirmala dan Budhiman, 2013).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini terletak pada laut selatan Pulau Lombok pada koordinat $8^{\circ}54'28,83''\text{LS}$ - $8^{\circ}55'3,18''\text{LS}$ dan $116^{\circ}19'18,74''\text{BT}$ - $116^{\circ}19'51,38''\text{BT}$ yang memiliki panjang garis pantai sepanjang 52,6 km.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian (Laut Lombok Selatan)
(Sumber: Peta RBI 1998)

3.2 Data dan Peralatan

3.2.1. Data

Data yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah:

- a. Data citra Landsat 8 (L1T) dengan tanggal akuisisi 19 September 2014

Tabel 3.1 Tabel data citra Landsat 8

No	Tanggal	Nama File	Path	Row
1	19 September 2014	LC81160662014262LGN00	116	66

- b. Data Sekunder yang digunakan adalah data survey *in-situ* yang dilakukan oleh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) pada tanggal 18 September 2014- 22 September 2014 berupa data *Rrs in situ* dan data konsentrasi TSS serta klorofil a, dan data suhu serta kedalaman pada titik pengambilan sampel.

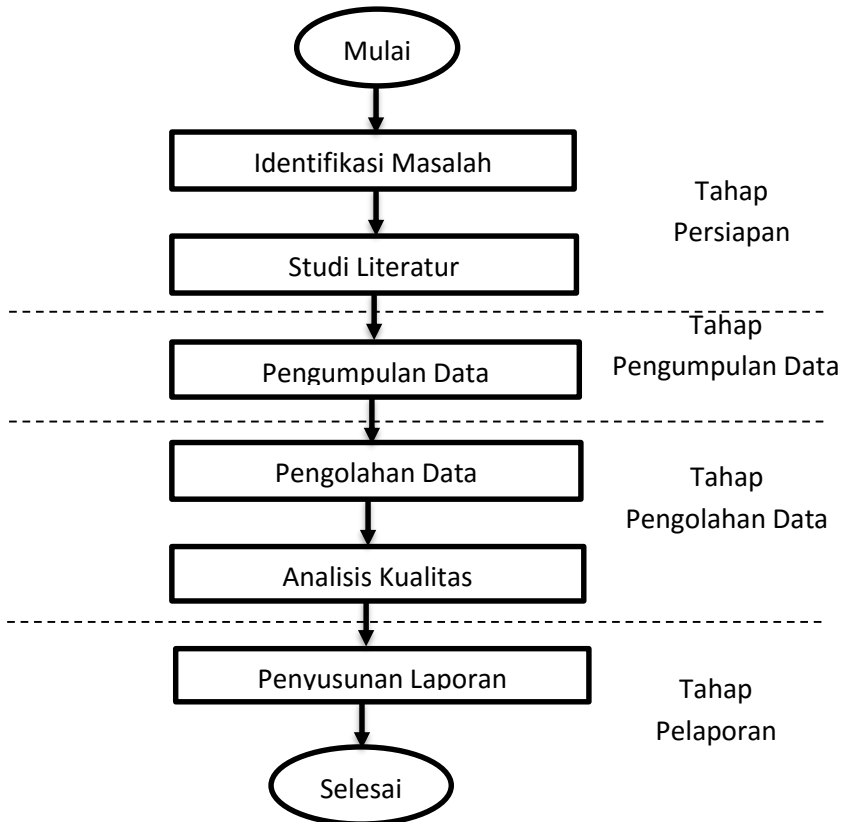
3.2.2. Peralatan

Adapun perangkat lunak yang digunakan dalam pengerjaan penilaian ini tugas akhir ini antara lain:

- Beam Visat 5.0
- ESA SNAP 3.0
- ArcGIS 10

3.3 Tahapan Penelitian

Secara garis besar tahapan penelitian yang akan dilakukan digambarkan pada diagram alur yang ditunjukkan sebagaimana di bawah ini:



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

a. Tahap Persiapan:

- Permasalahan yang diidentifikasi adalah kualitas air laut yang sesuai untuk budidaya *Eucheuma Cottoni* di Perairan Selatan Pulau Lombok dengan parameter *Total Suspended Solid*, klorofil-a, dan Suhu Permukaan Laut
- Studi Literatur bertujuan untuk mendapatkan referensi penunjang penelitian serta referensi

spesifikasi citra yang digunakan dan algoritma penunjang penelitian.

b. Tahap Pengumpulan Data:

- Data citra Landsat 8 dapat diperoleh secara gratis dengan melakukan download manual pada <http://earthexplorer.usgs.gov/> dengan tanggal akuisisi 19 September 2014 dengan *path-row* 116-66 untuk wilayah Perairan Selatan Pulau Lombok, Nusa Tenggara Barat.
- Data *in situ* didapat dari Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) yang telah melakukan survey lokasi di daerah penelitian pada tanggal 18 September 2014- 22 September 2014. Sehingga perlu adanya permohonan permintaan data ke LAPAN.

c. Tahap Pengolahan Data

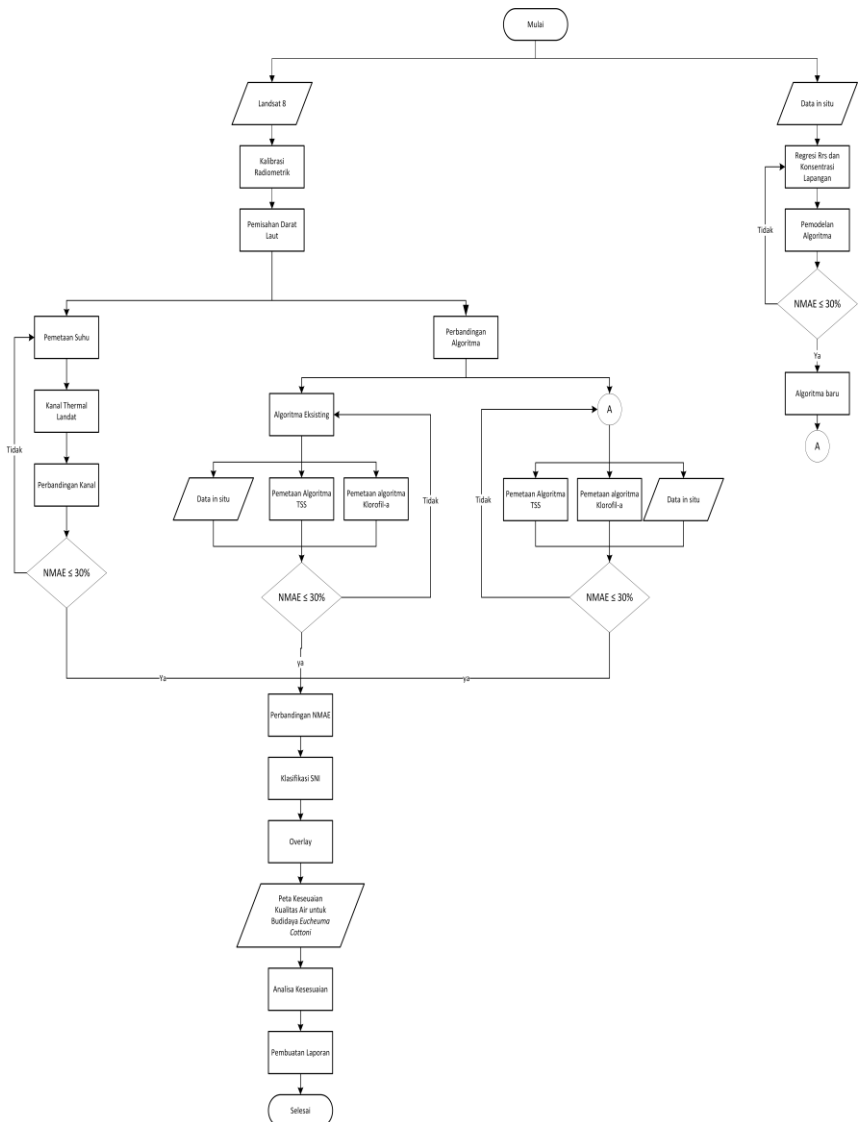
Pada tahap ini dilakukan pengolahan data dari data citra yang didapat, dan tahap pengolahan data dapat dilihat pada gambar 3.3

d. Tahap Pelaporan

Pada tahap ini semua hasil telah dianalisis sesuai dengan tujuan penelitian dengan *output* peta kualitas air untuk budidaya *Eucheuma cottoni*. Setelah itu dilakukan pembuatan laporan tugas akhir dan jurnal dengan kaidah ilmiah agar penelitian ini bermanfaat sebagaimana mestinya.

3.4 Tahapan Pengolahan Data

Adapun pengolahan data dalam penelitian ini secara garis besar dijelaskan pada Gambar 3.3 berikut.



Gambar 3.3 Tahapan Pengolahan Data

Adapun penjelasan tahapan pengolahan data adalah sebagai berikut

a. Proses Pengumpulan Data

Pada proses ini didapatkan data citra Landsat 8 dengan *path/row* 116/66 dengan tanggal akuisisi 19 September 2014 dan didownload di <http://earthexplorer.usgs.gov/> dan memilih level citra Landsat tersebut. Dalam penelitian ini menggunakan data citra Landsat 8 L1C artinya data citra tersebut perlu dilakukan koreksi koreksi selanjutnya.

Data *in situ* diperoleh dari Lembaga Penelitian dan Antariksa Nasional dengan mengirimkan surat permohonan data survey *in situ* di Perairan Selatan Pulau Lombok tanggal 18 September 2014 – 22 September 2014.

b. Melakukan Kalibrasi Radiometrik yang terdiri dari,

- Koreksi atmosfer.

Koreksi atmosfer metode *Second Simulation of a Satellite Signal in the Solar Spectrum-Vector* (6SV) yang dilakukan melalui website 6s.ltdri.org dengan 6 parameter pengolahan koreksi tersebut yaitu, *Geometrical Condition, Atmospheric Model, Target and Sensor Altitude, Spectral Condition, Ground Reflectance, Signal*. Dalam penelitian ini koreksi atmosfer dilakukan dengan persamaan pada (2.1), (2.2), dan (2.3)

- Mengubah DN ke reflektan dengan metode *gain offset*

Pada pengolahan data ini dilakukan untuk memperoleh data reflektan yang akan digunakan pada algoritma selanjutnya.

- Mengubah DN ke radian dengan metode *gain offset*

Pada pengolahan data ini dilakukan untuk memperoleh data radian yang akan digunakan

- pada algoritma selanjutnya. Pemotongan citra pada wilayah Perairan Selatan Pulau Lombok.
- c. Untuk pemodelan algoritma, dibutuhkan data *Rrs in situ* dan konsentrasi *in situ*. Setiap bentuk rasio *Rrs* antar band ataupun band tunggal dibuat dengan berbagai model yang akan dilihat grafik regresinya dengan konsentrasi *in situ*.
 - d. Dengan hasil pemotongan citra pada Perairan Selatan Pulau Lombok, dilakukan perhitungan nilai Suhu dengan menggunakan algoritma Syariz, 2105 (persamaan 2.4), perhitungan nilai TSS dengan menggunakan algoritma Jaelani, 2015 (persamaan 2.5) dan Klorofil-a dengan menggunakan algoritma Jaelani, 2015 (persamaan 2.6) pada citra Landsat 8. Selain itu, juga memasukkan nilai dari TSS dan Klorofil-a dengan algoritma pemodelan baru.
 - e. Validasi dilakukan pada hasil perhitungan nilai Suhu, TSS dan Klorofil-a dengan menggunakan *Normalized Mean Absolute Error (NMAE)* terhadap data *in situ*. Bila hasil *NMAE* memiliki error lebih dari 30%, maka akan dilakukan perhitungan algoritma lagi dengan menggunakan algoritma yang berbeda.
 - f. Perhitungan suhu yaitu dengan menggunakan algoritma Syariz dengan membandingkan sensor suhu pada Landsat 8, yaitu kanal 10 dan kanal 11 yang selanjutnya akan dihitung nilai *NMAE* untuk menentukan kanal yang dipakai untuk proses *overlay* citra.
 - g. Setelah itu dilakukan perbandingan dari algoritma yang ada untuk mengetahui tingkat kesalahan (*NMAE*) yang terkecil sehingga hasil pengolahan dari algoritma tersebut yang digunakan untuk menentukan wilayah kesesuaian *Eucheuma cottoni*.
 - h. Overlay data dilakukan untuk perairan yang sesuai untuk budidaya *Eucheuma cottoni* dengan paramter parameter yang ada dari pengolahan citra dengan melihat nilai prameter dari SNI untuk kualitas budidaya *Eucheuma cottoni*.

- i. Pembuatan muka peta berupa Peta Keseuaian Kualitas Air untuk Budidaya Rumput Laut *Eucheuma Cottoni* pada Perairan Selatan Pulau Lombok.

BAB IV HASIL DAN ANALISA

4.1. Pin Titik Pembuatan Validasi

Dalam perhitungan nilai tiap parameter akan dilakukan pengujian terhadap hasil pengolahan citra dengan *NMAE*. Maka dari itu ditentukan titik validasi sebagai berikut

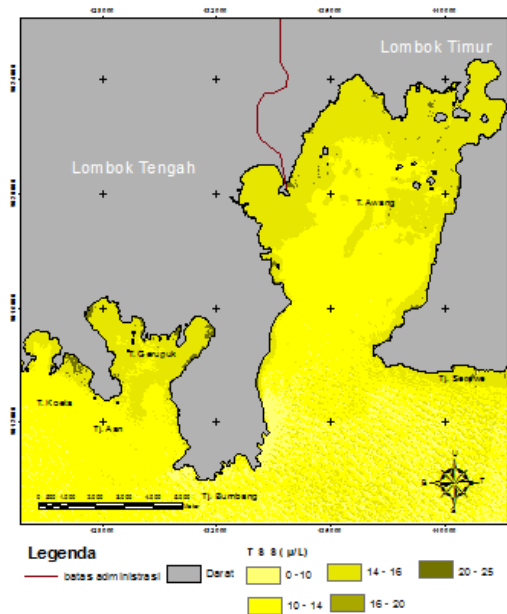
Tabel 4.1 Titik Validasi Pengujian Uji *NMAE*

Stasiun	Koordinat	
	Lintang Selatan	Bujur Timur
1	08°51'01,8"	116°24'45,7"
2	08°51'01,7"	116°24'45,4"
3	08°51'52,8"	116°24'41,6"
4	08°51'23,6"	116°24'58,8"
5	08°51'6,6"	116°26'17,2"
6	08°50'44,6"	116°25'13,3"
7	08°50'48,2"	116°25'33,7"
8	08°50'53,6"	116°25'39,7"
9	08°51'11,9"	116°25'49,0"
10	08°51'16,1"	116°25'54,3"
11	08°51'29,0"	116°26'0,9"
12	08°51'46,1"	116°26'02,8"
13	08°53'05,4"	116°25'19,3"
14	08°52'56,3"	116°25'32,5"
15	08°52'55,7"	116°25'41,2"
16	08°52'50,9"	116°25'59,8"
17	08°52'28,8"	116°26'15,4"

Stasiun	Koordinat	
	Lintang Selatan	Bujur Timur
18	08°52'01,3"	116°23'41,1"
19	08°54'53,8"	116°21'12,3"
20	08°54'41,6"	116°21'21,9"
21	08°54'10,5"	116°20'25,1"

4.2. Hasil Perhitungan TSS Algoritma Jaelani, 2016

Perhitungan Nilai TSS (*Total Suspended Solid*) awal dilakukan dengan menggunakan algoritma Jaelani, 2016 sebelum dibandingkan dengan algoritma TSS pemodelan baru. Maka akan dihasilkan peta sebaran TSS dengan algoritma Jaelani, 2016 sebagai berikut.



Gambar 4.1 Peta Sebaran TSS dengan algoritma Jaelani (2016)

Setelah dihasilkan rentangan konsentrasi dilakukan ekstrak piksel dengan koordinat yang ada, yaitu

Tabel 4.2 Hasil ekstrak piksel perhitungan TSS dan perbandingan *NMAE* terhadap data *insitu*

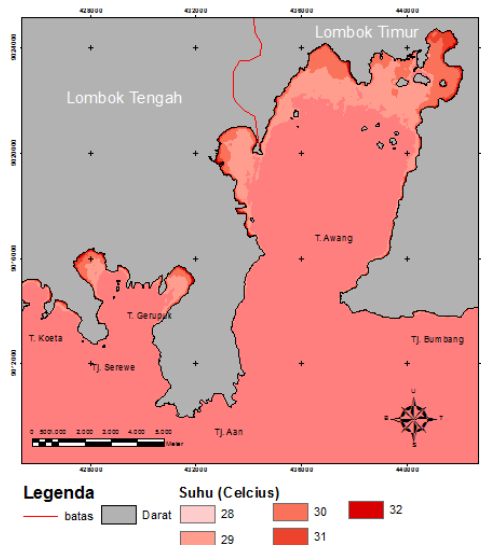
Stasiun	TSS		<i>NMAE</i> (%)
	<i>in situ</i>	Citra	
1	19	15,375	15,760
2	18	15,640	10,260
3	18	18,480	2,087
4	15	15,470	2,045
5	12	14,374	10,325
6	11	14,885	16,892
7	10	14,531	19,701
8	10	13,979	17,303
9	7	13,400	27,829
10	9	13,143	18,015
11	23	13,007	43,444
12	12	13,268	5,516
13	11	13,892	10,823
14	7	15,231	35,789
15	10	12,762	12,010
16	12	12,679	2,952
17	11	13,434	10,583
18	7	17,933	47,535
19	14	15,376	5,986
20	15	14,787	0,925
21	21	21,482	2,095
Total			15,137

Hasil *NMAE* (*Normalized Mean Absolute Error*) untuk perhitungan TSS dengan algoritma Jaelani, 2016 pada Laut Selatan Pulau Lombok yaitu sebesar 15,137%, artinya perhitungan tersebut telah dianggap benar karena masuk toleransi $NMAE \leq 30\%$.

4.3. Hasil Perhitungan Suhu

Perhitungan nilai suhu dilakukan dengan membandingkan band yang memiliki sensor TIRS pada Landsat 8. Pada Landsat 8, terdapat 2 kanal yang menggunakan sensor TIRS, yaitu kanal 10 dan kanal 11. Namun pada perhitungan suhu dengan menggunakan algoritma Syariz, 2015 yang digunakan hanyalah pada kanal 11 yang menunjukkan nilai paling baik.

Dan hasil peta sebaran suhu di laut selatan pulau Lombok adalah sebagai berikut



Gambar 4.2 Peta sebaran suhu dengan menggunakan algoritma Syariz

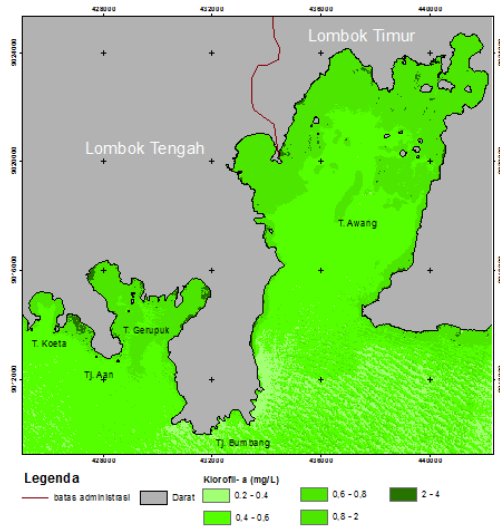
Dan perhitungan *NMAE* dari perhitungan suhu tersebut
Tabel 4.3 Hasil ekstrak piksel perhitungan suhu dengan algoritma
Syariz

Stasiun	Suhu		<i>NMAE</i> (%)
	<i>in situ</i>	Citra	
1	28,6	30,723	16,986
2	28,7	29,760	16,779
3	28,83	33,525	15,566
4	29,31	33,544	14,038
5	29,78	33,498	12,329
6	29,49	29,618	13,685
7	29,48	30,572	13,567
8	29,18	33,611	14,691
9	28,99	28,579	15,214
10	29,03	33,578	15,079
11	28,71	30,545	16,033
12	28,49	33,525	16,694
13	27,65	29,425	19,146
14	27,7	33,455	19,081
15	27,91	33,445	18,351
16	28,07	30,470	17,905
17	27,81	29,392	18,509
18	29,72	30,753	13,372
19	27,61	32,511	19,566
20	27,36	33,339	19,824
21	30,16	28,023	12,807
Total			16,153

Hasil *NMAE* (*Normalized Mean Absolute Error*) untuk perhitungan Suhu dengan algoritma Syariz, 2015 pada Laut Selatan Pulau Lombok yaitu sebesar 16,153%, artinya perhitungan tersebut telah dianggap benar karena masuk toleransi $NMAE \leq 30 \%$.

4.4. Hasil Perhitungan Nilai Klorofil a

Perhitungan nilai Klorofil-a awal menggunakan algoritma Jaelani, 2015 sebelum dibandingkan tingkat kesalahan (*NMAE*) dengan algoritma pemodelan baru. Maka akan dihasilkan peta sebaran klorofil-a sebagai berikut.



Gambar 4.3 Peta sebaran Klorofil-a dengan algoritma Jaelani (2015)

Setelah didapatkan rentangan nilai klorofil a, maka dilakukan ekstrak piksel untuk mengetahui nilai konsentrasi klorofil a sehingga dapat dibandingkan nilai klorofil dari *in situ*.

Tabel 4.4 Hasil ekstrak piksel sebaran klorofil a dan perbandingan *NMAE* terhadap data *in situ*

Stasiun	Klorofil-a		<i>NMAE</i> (%)
	In situ	Citra	
1	1,207	0,110	44,844
2	0,868	0,110	30,979
3	0,645	0,011	25,900
4	0,543	0,132	16,790
5	0,662	0,216	18,212
6	0,969	0,228	30,304
7	0,986	0,306	27,793
8	0,662	0,320	13,969
9	0,543	0,320	9,116
10	0,544	0,321	9,089
11	0,662	0,333	13,452
12	0,646	0,302	14,069
13	0,646	0,307	13,844
14	0,544	0,203	13,921
15	0,662	0,298	14,852
16	0,646	0,335	12,706
17	1,071	0,269	32,785
18	1,173	0,011	47,496
19	0,986	0,241	30,458
20	0,969	0,250	29,369
21	2,445	0,048	98,033
Total			26,094

Hasil *NMAE* (*Normalized Mean Absolute Error*) untuk perhitungan Klorofil a dengan algoritma Jaelani, 2015 pada

Laut Selatan Pulau Lombok yaitu sebesar 26,094%, artinya perhitungan tersebut telah dianggap benar karena masuk toleransi $NMAE \leq 30 \%$.

4.5. Pemodelan Algoritma

Pemodelan algoritma dihasilkan dari pengujian titik pembuatan algoritma dengan perbandingan *Remotesensing Reflectance* dengan pengujian koefisien determinasi yang diatas 0,5 ($R^2 \geq 0,5$).

Tabel 4.5 Titik pembuatan algoritma baru dari *in situ*.

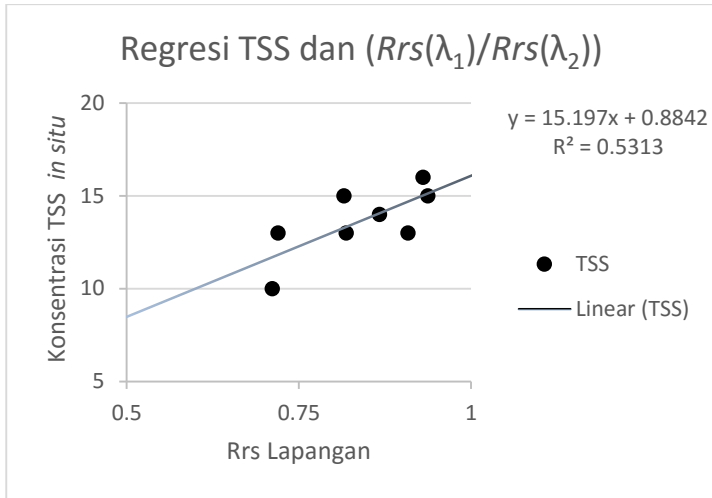
No	Stasiun	Lintang Selatan	Bujur Timur	Klorofil-a	TSS
1	St-2	08°54'55,1"	116°19'41,4"	0,085	13
2	St-3	08°54'38"	116°19'34,34"	0,290	15
3	St-4	08°51'1,3"	116°24'46,4"	0,867	14
4	St-6	08°50'46,8"	116°25'22,3"	1,001	13
5	St-7	08°51'0,8"	116°25'42,1"	0,662	10
6	St-8	08°51'22,4"	116°25'58,2"	0,646	13
7	St-9	08°51'36,3"	116°26'2,3"	0,544	16
8	TR3-1	08°53'13,8"	116°25'12,7"	0,781	15

Titik tersebut lalu dibuat pemodelan algoritmanya dan koefisien determinasinya, dan setelah dilakukan perbandingan terhadap semua kanal, maka didapatkan perbandingan kanal yang paling besar pada perbandingan kanal ($Rrs(\lambda_1)/Rrs(\lambda_2)$) dikarenakan perbandingan komposisi antar kanal yang lain tidak memenuhi syarat minimal regresi sebesar 0,5.

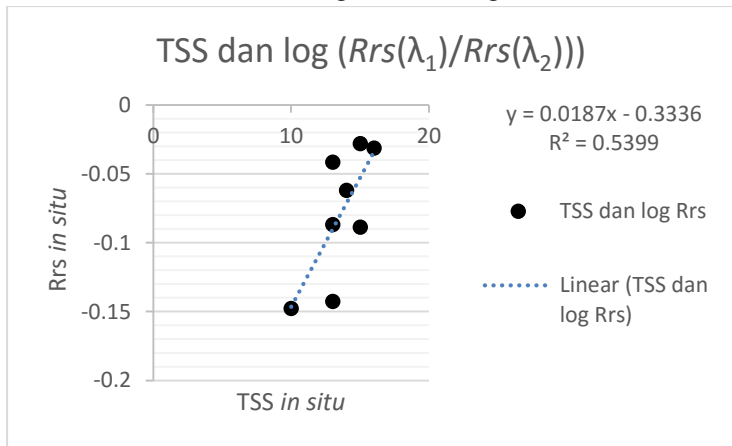
Tabel 4.6 Hasil Perbandingan Nilai TSS dengan *Rrs in situ* dengan berbagai model regresi

No	Model Regresi	<i>Rrs</i> (λ_1)
		<i>Rrs</i> (λ_2)
1	TSS = $y_0 + a^*(b_j/b_k)$	0,5313
2	$\log (\text{TSS}) = y_0 + a^*(b_j/b_k)$	0,311
3	TSS = $y_0 + a^*\log (b_j/b_k)$	0,539
4	$\log \text{TSS} = y_0 + a^*\log (b_j/b_k)$	0,322
5	$\text{TSS} = y_0 + a^*(\log (b_j) / (\log (b_k)))$	0,429
6	$\log (\text{TSS}) = y_0 + a^*(\log (b_j) / (\log (b_k)))$	0,254

Dari pemodelan algoritma dari model $Rrs(\lambda_1)/Rrs(\lambda_2)$ diperoleh yang memiliki $R^2 \geq 0,5$ adalah model nomor 1 dan 3, sehingga grafik regresinya yaitu:



Gambar 4.4 Grafik regresi model algoritma 1



Gambar 4.5 Grafik regresi model algoritma 3

Maka dihasilkan dua algoritma pemodelan baru untuk perhitungan nilai konsentrasi TSS pada Laut Selatan Pulau Lombok, yaitu:

$$- \quad TSS = 15,197 \frac{Rrs(\lambda_1)}{RRs(\lambda_2)} + 0,8842$$

$$R^2 = 0,5313$$

$$- \quad TSS = 28,864 \times \log\left(\frac{Rrs(\lambda_1)}{RRs(\lambda_2)}\right) + 15,898$$

$$R^2 = 0,5399$$

Untuk menentukan algoritma yang akan dipakai akan dilakukan perhitungan TSS dengan kedua algoritma tersebut yang selanjutnya akan diuji dengan data *in situ* dan dilakukan perhitungan *NMAE* terhadap kedua algoritma tersebut. Perhitungan *NMAE* yang pertama dilakukan yaitu terhadap titik pembuatan algoritma

Tabel 4.7 Uji Statistik Algoritma Pemodelan dengan titik pembuatan Algoritma

Stasiun	TSS			<i>NMAE</i> (%)	
	<i>In situ</i>	Pemodelan 1	Pemodelan 3	Pemodelan 1	Pemodelan 3
1	13	14,111	11,869	4,830	4,916
2	15	13,775	11,136	5,326	16,799
3	14	14,914	13,590	3,973	1,784
4	13	15,410	14,593	10,480	6,924
5	10	15,447	14,661	23,683	20,265
6	13	16,777	17,188	16,422	18,211
7	16	16,566	16,802	2,461	3,489
8	15	16,437	16,562	6,249	6,791
Total				9,178	9,897

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa konsentrasi TSS menggunakan algoritma pemodelan 1 dan 3 memenuhi syarat $NMAE \leq 30\%$ yaitu pada algoritma pemodelan 1

memiliki *NMAE* sebesar 9,178% dan algoritma pemodelan 3 memiliki *NMAE* sebesar 9,897%, sehingga dapat dilakukan validasi terhadap titik yang berbeda dari titik pembuatan algoritma.

4.6. **Hasil Perhitungan TSS Algoritma Pemodelan**

Perhitungan Nilai TSS dengan pemodelan algoritma baru dilakukan dengan membandingkan dari model algoritma yang memiliki tingkat kesalahan (*NMAE*) terendah. Untuk pemodelan yang pertama yaitu algoritma yang memiliki R^2 terbesar, yaitu algoritma model:

$$TSS = 28,864 \times \log\left(\frac{Rrs(\lambda_1)}{Rrs(\lambda_2)}\right) + 15,898 R^2 = 0,5399$$

Dari hasil perhitungan dan dilakukan ekstrak piksel terhadap hitungan algoritma tersebut.

Tabel 4.8 hasil ekstrak piksel dengan algoritma pemodelan 3 dan hitungan *NMAE*

Stasiun	TSS		<i>NMAE</i> (%)
	<i>in situ</i>	Citra	
1	19	13,478	24,009
2	18	13,517	19,490
3	18	12,548	23,704
4	15	14,746	1,104
5	12	14,582	11,225
6	11	14,826	16,633
7	10	14,601	20,004
8	10	16,652	28,924
9	7	16,789	42,561
10	9	16,683	33,404
11	23	17,225	25,111
12	12	17,084	22,103
13	11	15,906	21,331
14	7	15,925	38,806
15	10	17,880	34,259
16	12	17,758	25,034
17	11	14,898	16,946
18	7	12,734	24,932
19	14	13,138	3,747
20	15	14,049	4,133
21	21	11,636	40,712
Total			22,770

Sedangkan algoritma pemodelan 1 yaitu:

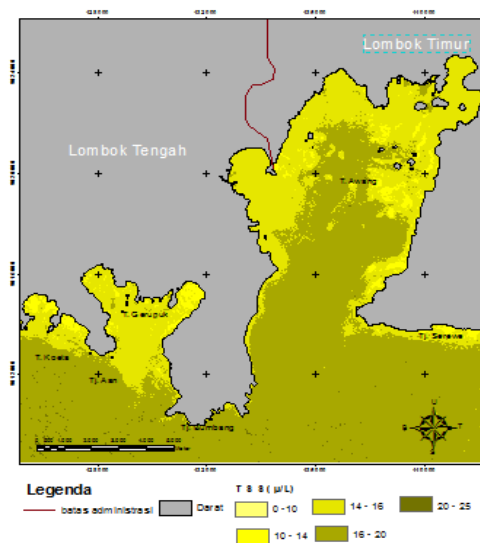
$$TSS = 15,197 \frac{Rrs(\lambda 1)}{RRs(\lambda 2)} + 0,8842 \quad R^2 = 0,5313$$

memiliki hasil ekstrak piksel dengan tingkat kesalahan *NMAE*

Tabel 4.9 hasil ekstrak piksel dengan algoritma pemodelan 1 dan perhitungan *NMAE*

Stasiun	TSS		<i>NMAE</i> (%)
	<i>in situ</i>	Citra	
1	19	14,859	18,004
2	18	14,878	13,572
3	18	14,419	15,565
4	15	15,490	2,134
5	12	15,408	14,820
6	11	15,528	19,687
7	10	15,414	23,542
8	10	16,486	28,200
9	7	16,559	41,563
10	9	16,501	32,615
11	23	16,796	26,970
12	12	16,721	20,526
13	11	16,089	22,128
14	7	16,098	39,557
15	10	17,162	31,142
16	12	17,093	22,147
17	11	15,572	19,879
18	7	14,503	32,625
19	14	14,696	3,026
20	15	15,143	0,624
21	21	13,996	30,449
Total			21,846

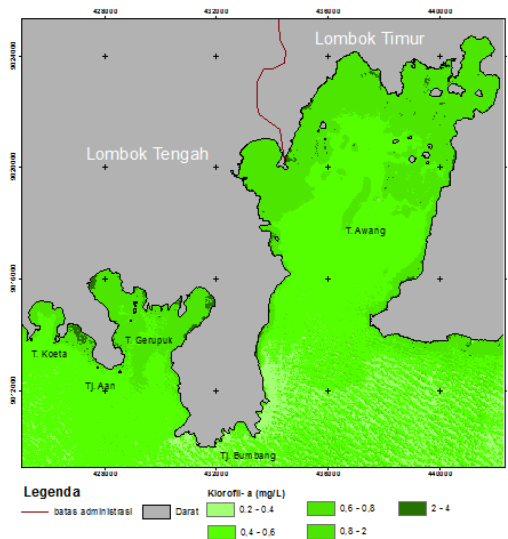
Dari hasil perhitungan *NMAE* diatas dapat diketahui bahwa algoritma pemodelan baik 1 dan 3 dapat dianggap benar dikarenakan kedua algoritma tersebut memiliki $NMAE \leq 30 \%$. Dan algoritma pemodelan 1 meskipun memiliki nilai R^2 lebih kecil yaitu sebesar 0,5313 , namun saat diuji dengan titik validasi memiliki tingkat kesalahan (*NMAE*) lebih kecil, yaitu sebesar 21,846% dibandingkan dengan algoritma pemodelan 3 yang memiliki R^2 yang lebih besar yaitu sebesar 0,5339 jika diuji dengan titik validasi berdasarkan pengukuran *in situ* memiliki *NMAE* lebih besar yaitu sebesar 22,770. Lalu hasil algoritma pemodelan 1 selanjutnya akan dibandingkan dengan algoritma TSS Jaelani, 2016 untuk dibuat Peta Kesesuaian *Eucheuma cottoni* di Laut Selatan Pulau Lombok. Dan berikut adalah peta sebaran TSS di Laut Selatan Pulau Lombok



Gambar 4.6 Peta Sebaran TSS di Laut Selatan Pulau Lombok

4.7. Perhitungan Nilai Klorofil-a Algoritma Pemodelan

Perhitungan nilai konsentrasi nilai klorofil a dengan menggunakan algoritma model dilakukan dengan proses yang sama dengan pembuatan algoritma model TSS dengan titik pembuatan algoritma sebanyak 8 titik. Dan hasil dari pembuatan peta sebaran klorofil a



Gambar 4.7 Peta Sebaran Klorofil-a dengan algoritma pemodelan di Laut Selatan Pulau Lombok

Setelah dilakukan perhitungan klorofil a dengan algoritma pemodelan, maka langkah selanjutnya adalah melakukan ekstrak piksel untuk mengetahui nilainya dan dihitung tingkat kesalahannya dengan *NMAE* terhadap data *in situ*.

Tabel 4.9 Hasil ekstrak piksel perhitungan klorofil a dengan algoritma pemodelan

Stasiun n	Klorofil-a		<i>NMAE</i> (%)
	In situ	Citra	
1	1,207	0,792	16,935
2	0,868	0,792	3,070
3	0,645	0,549	3,907
4	0,543	0,862	13,078
5	0,662	1,148	19,900
6	0,969	1,185	8,841
7	0,986	1,338	14,434
8	0,662	1,384	29,563
9	0,543	1,483	38,470
10	0,544	1,489	38,662
11	0,662	1,427	31,292
12	0,646	1,423	31,812
13	0,646	1,342	28,466
14	0,544	1,107	23,054
15	0,662	1,366	28,825
16	0,646	1,434	32,256
17	1,071	1,218	6,030
18	1,173	0,467	28,866
19	0,986	1,128	5,816
20	0,969	1,058	3,659
21	2,445	0,443	81,866
Total			23,276

Dari hasil ekstrak piksel diatas dapat diketahui bahwa hasil *NMAE* dari perhitungan konsentrasi klorofil a sebesar 23,276%, artinya perhitungan tersebut sudah dianggap benar dikarenakan masuk toleransi $NMAE \leq 30\%$.

4.8 Overlay

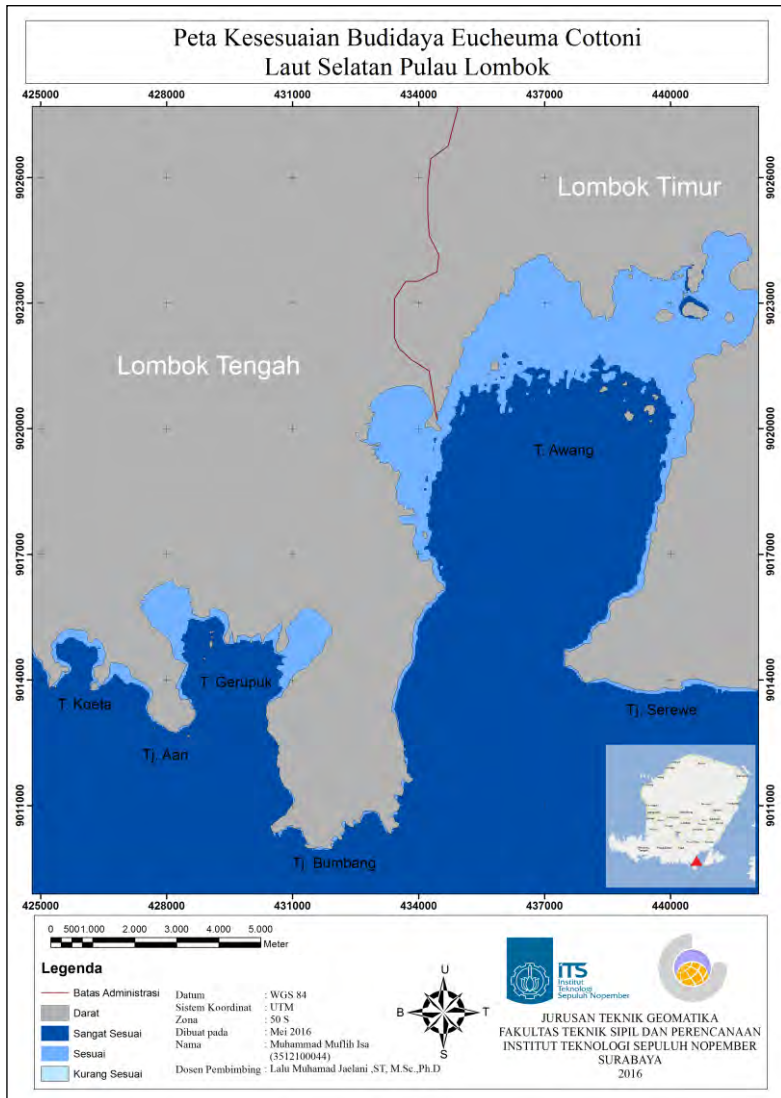
Data data yang sudah diolah kemudian di-*overlay*-kan menggunakan ArcGIS dengan melihat dan membandingkan nilai sebaran konsentrasi dari masing- masing parameter yang memiliki *NMAE* paling kecil dari algoritma yang lainnya. Dalam pembuatan peta kesesuaian tersebut terdapat parameter parameter:

Peta Sebaran TSS dengan menggunakan algoritma Jaelani, 2016, dikarenakan algoritma tersebut memiliki *NMAE* lebih baik dari daripada algoritma pemodelan yang ada. Setelah itu rentangnya disesuaikan dengan rentang kondisi yang telah ada pada SNI.

Peta sebaran suhu dengan menggunakan algoritma suhu USGS dengan menggunakan kanal 10, dikarena penggunaan algoritma suhu dengan menggunakan kanal 10 memiliki *NMAE* yang dianggap benar, sedangkan perhitungan suhu menggunakan kanal 11 tidak masuk dalam toleransi sebaran suhu yang dianggap benar.

Peta Sebaran klorofil a dengan menggunakan algoritma pemodelan dikarenakan algoritma ini memiliki nilai *NMAE* lebih kecil dibandingkan algoritma Jaelani, 2015. Setelah itu rentangnya disesuaikan dengan rentang kondisi yang telah ada pada SNI.

Namun dalm hal ini, sebaran klorofil a yang dihasilkan dari pemrosesan citra nilainya tidak ada yang sesuai dengan rentang kondisi yang diberikan SNI, sehingga dalam pembuatan peta kesesuaian parameter klorofil a tidak dimasukkan mengingat bobot klorofil a juga paling kecil, yaitu hanya 5, sedangkan bobot TSS dan suhu dalam SNI yaitu sebesar 15. Sehingga peta kesesuaian yang dihasilkan seperti gambar 4.8



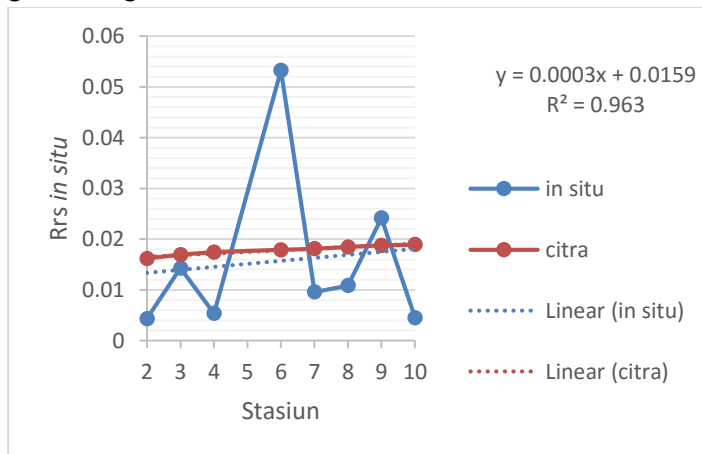
Gambar 4.8 Peta Kesesuaian Budidaya Rumput Laut *Eucheuma Cottoni*
di Laut Selatan Pulau Lombok

4.9 Analisa

Berdasarkan hasil perhitungan RMSE yang telah didapatkan pada masing-masing citra maka dapat dilakukan analisis mengenai ketelitian geometrik yaitu sebagai berikut:

4.8.1 Pemodelan Algoritma

Dalam pembuatan algoritma, algoritma yang dihasilkan yaitu rasio antara $Rrs(\lambda_1)$ dan $Rrs(\lambda_2)$ sehingga dapat dilihat grafik regresi antara $Rrs(\lambda_1)$ dan $Rrs(\lambda_2)$ terhadap data Rrs *in situ*, dengan membedakan dari panjang gelombang dari masing-masing kanal terhadap semua stasiun titik pembuatan algoritma. Pada kanal 1 dengan panjang gelombang 433 nm - 453 nm dan kanal 2 dengan panjang gelombang 450 nm - 515 nm.



Gambar 4.9 Grafik Hubungan antara Rrs *in situ* dan Rrs citra. Dari grafik diatas, dapat dilihat bahwa hubungan $Rrs(\lambda_1)$ dan $Rrs(\lambda_2)$ dengan Rrs *in situ* memiliki regresi yang tinggi, namun mengalami anomali pada stasiun 6 dan 9 yang grafik Rrs *in situ* berada diatas dari grafik Rrs citra. Hal ini dapat

terjadi karena beberapa kemungkinan, salah satunya keterbatasan alat spektrometer saat melakukan perekaman *Rrs* sehingga kurang maksimal dalam perataan hasil *Rrs* dari panjang gelombang tertentu.

Dalam pemodelan algoritma juga tiak dapat dilakukan pemodelan algoritma suhu, dikarenakan panjang gelombang maksimal perekaman *Rrs* oleh alat spektrometer hanya mencapai 935 nm, sedangkan panjang gelombang untuk sensor TIRS yang digunakan untuk suhu paling rendah sebesar 1.060 nm.

4.8.2 Perbandingan Hasil Algoritma TSS

Pada perhitungan TSS dengan algoritma Jaelani, 2016 menghasilkan *NMAE* sebesar 15,137 %, sedangkan perhitungan TSS dengan menggunakan pemodelan algoritma terbaik hanya menghasilkan *NMAE* sebesar 21,846%. Dari hasil tersebut maka dalam pembuatan peta kesesuaian untuk parameter TSS menggunakan algoritma Jaelani, 2016.

Ada beberapa faktor yang mengakibatkan hal itu terjadi, salah satunya titik pembuatan algoritma pemodelan sangat terbatas karena keterbatasan data yang ada. Dalam pemodelan algoritma TSS kali ini hanya menggunakan 8 titik pemodelan algoritma. Hal itu berpengaruh pada besarnya regresi yang dihasilkan dari konsentrai TSS dan *Rrs in situ*. Namun hal itu tidak mempengaruhi hasil akhir dikarenakan algoritma TSS pada tiap daerah cenderung sama dengan rentang nilai yang ada.

4.8.3 Perbandingan Hasil Algoritma Klorofil a

Pada perhitungan klorofil a menggunakan algoritma Jaelani 2015, dihasilkan *NMAE* sebesar 26,094 % sedangkan perhitungan klorofil a menggunakan algoritma pemodelan menghasilkan *NMAE* sebesar 23,376 %. dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa nilai klorofil a tiap daerah terdapat perbedaan meskipun tidak terlalu besar, apalagi tiap daerah di Indonesia memiliki perbedaan lingkungan. Hal ini sangat berpengaruh pada hasil parameter parameter yang ada.

Namun dalam penelitian kali ini hasil perhitungan klorofil-a memiliki hasil yang sangat kecil, yaitu hasilnya tidak lebih dari 3, sehingga dalam pembuatan peta kesesuaian parameter algoritma termasuk dalam kategori kurang baik. Namun, hal ini dapat dikesampingkan dikarenakan parameter klorofil-a memiliki bobot paling kecil, yaitu 5, sedangkan parameter yang lain memiliki bobot 15 (TSS dan suhu).

4.8.4 Kesesuaian Kualitas air

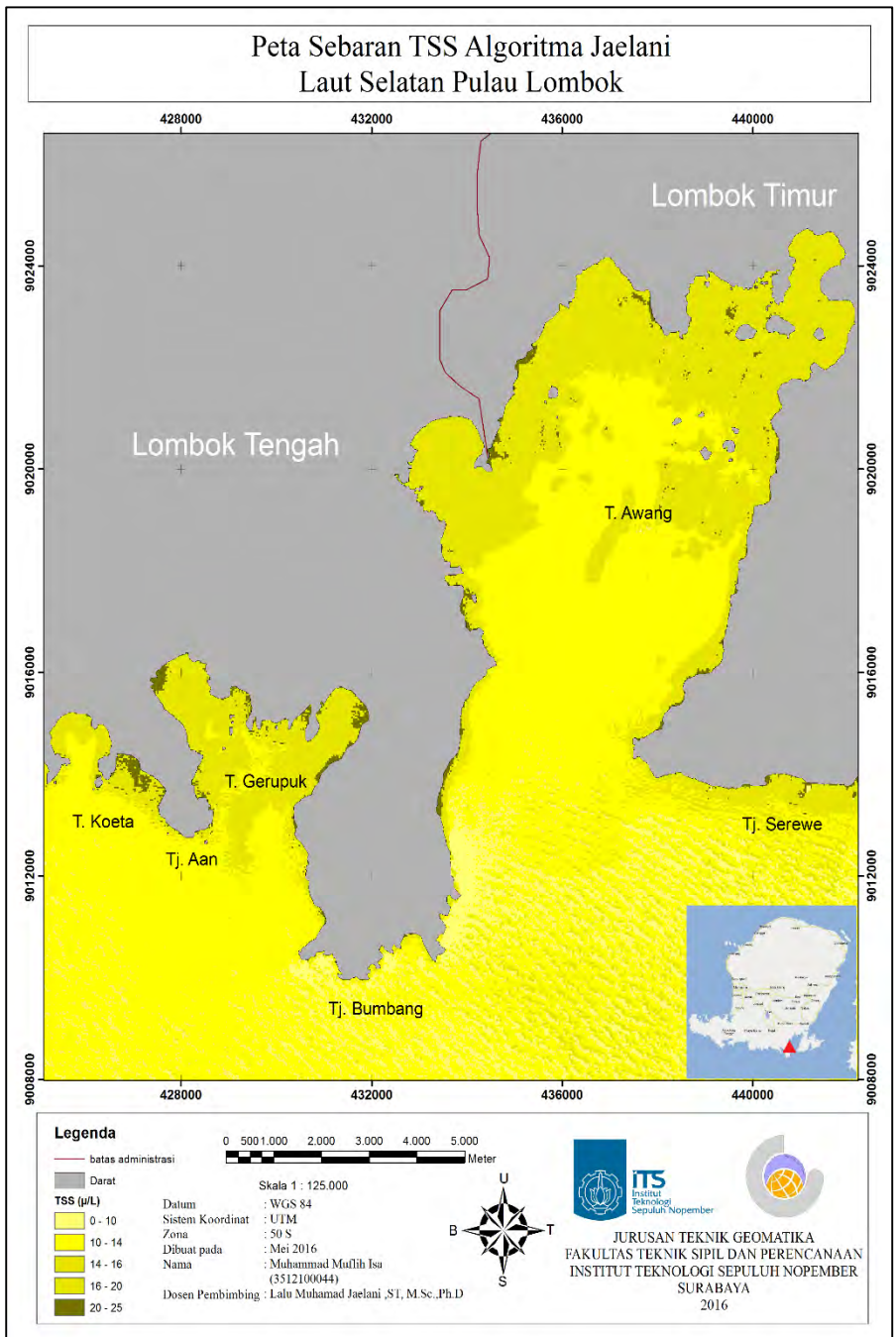
Dari hasil perhitungan nilai tiap parameter yaitu TSS dan suhu maka dikelaskan sesuai dengan parameter yang ada pada SNI, yaitu sangat baik, baik dan kurang baik. Dalam hal ini parameter TSS yang memiliki bobot tertinggi, daerah laut selatan Pulau Lombok semuanya masuk dalam kelas sangat baik. Hal ini dikarenakan air di laut selatan Pulau Lombok sangat jernih sehingga sangat mendukung untuk dilakukannya budidaya rumput laut *Eucheuma cottoni*. Sedangkan pada suhu terdapat daerah yang masuk kelas sangat baik, dan daerah yang baik.

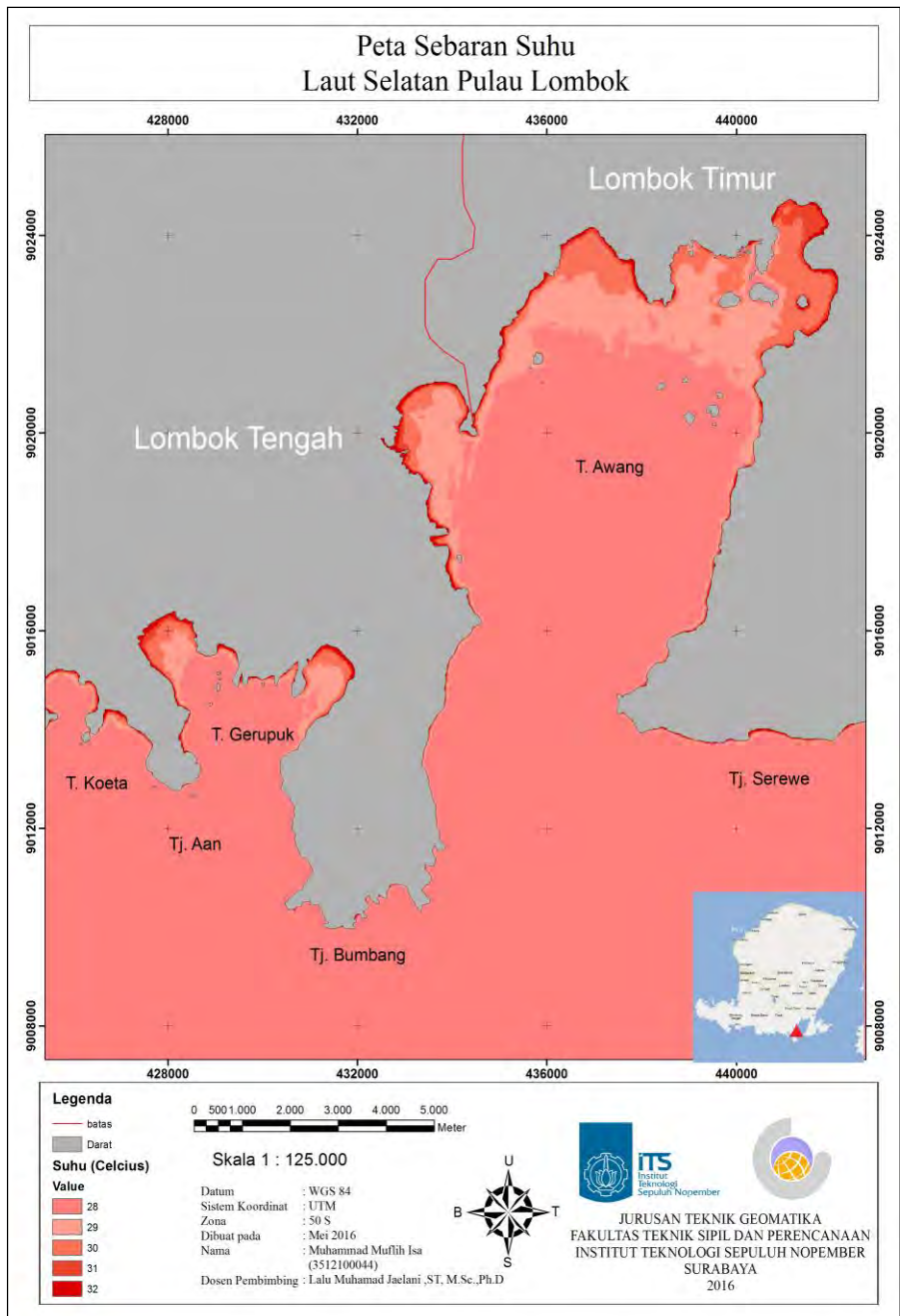
Dalam penentuan daerah kesesuaian kualitas air di laut selatan pulau lombok ini terdapat kekurangan, yaitu tidak adanya parameter kedalaman. Padahal parameter tersebut memiliki bobot yang tinggi, yaitu 15. Hal ini dikarenakan keterbatasan data yang ada, sehingga proses pengukuran kedalaman pada laut selatan pulau lombok tidak merata dan data yang dihasilkan tidak dapat digunakan.

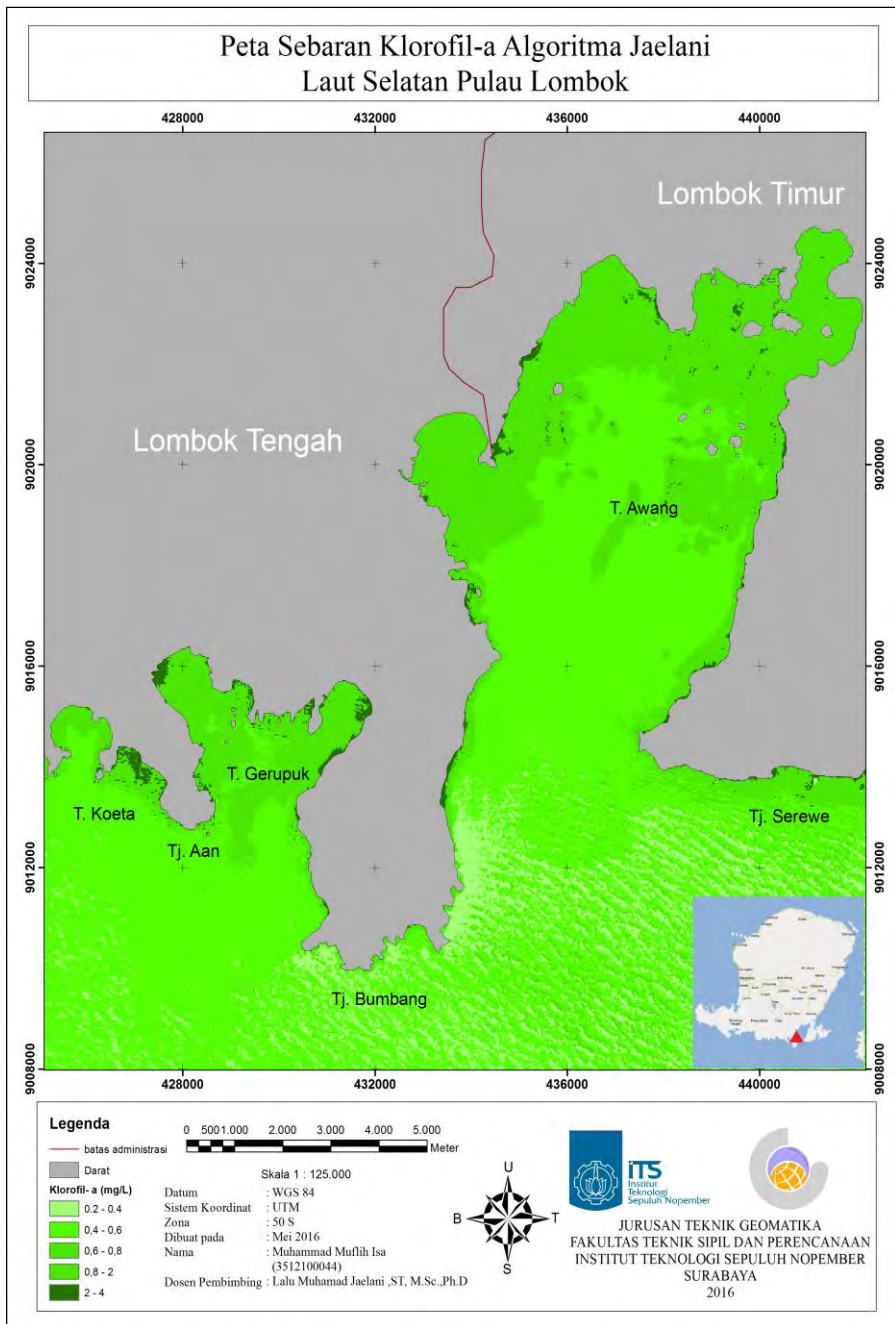
Dari hasil *overlay* parameter TSS dan suhu dengan pengkelasan didapat bahwa daerah yang sangat sesuai untuk budidaya rumput laut *Eucheuma cottoni* pada laut selatan Pulau Lombok sebesar 14.243 Ha dan daerah yang sesuai untuk budidaya rumput laut *Eucheuma cottoni* sebesar 2.217 Ha. Dengan demikian, dapat dilihat bahwa kondisi kualitas air di laut selatan Pulau Lombok sangat cocok untuk melakukan budidaya rumput laut *Eucheuma cottoni*.

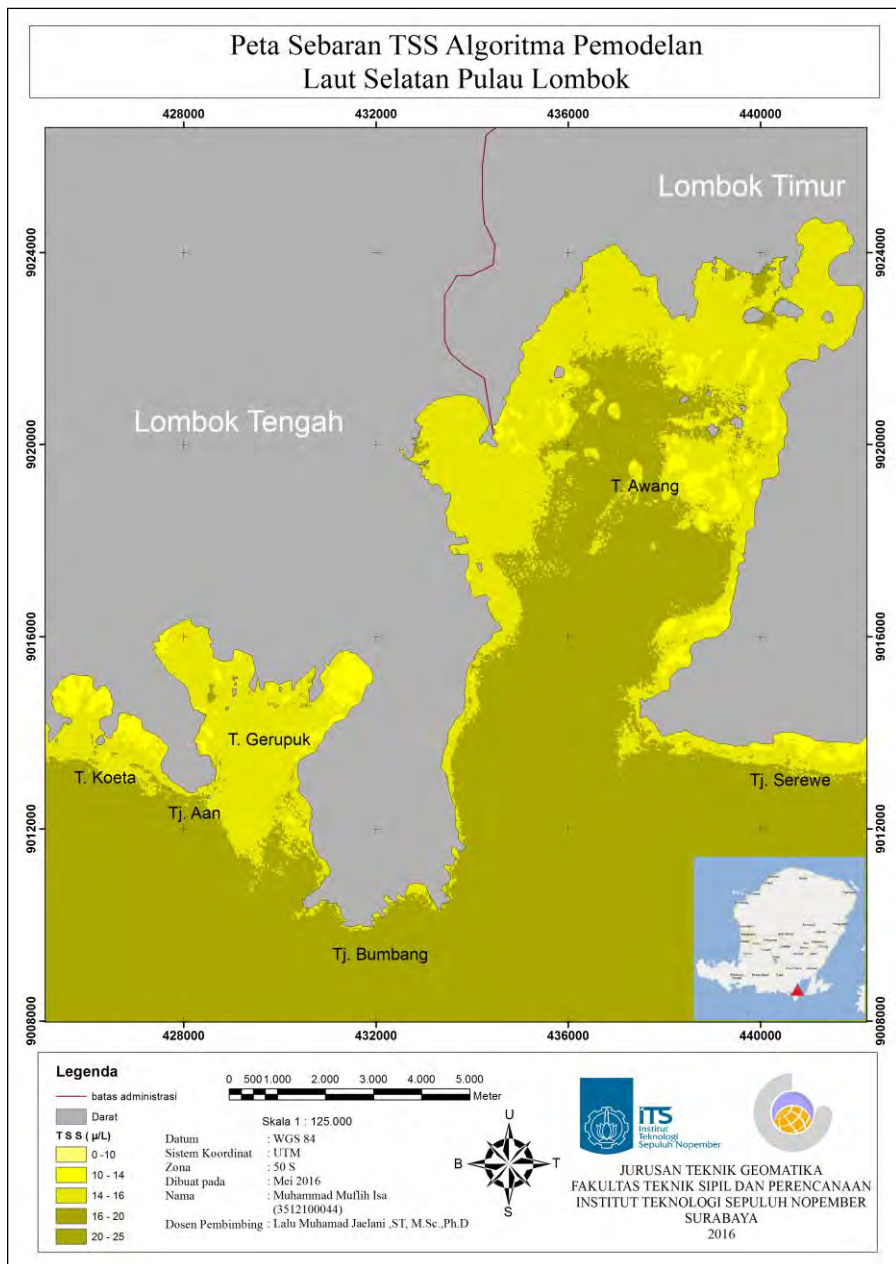
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

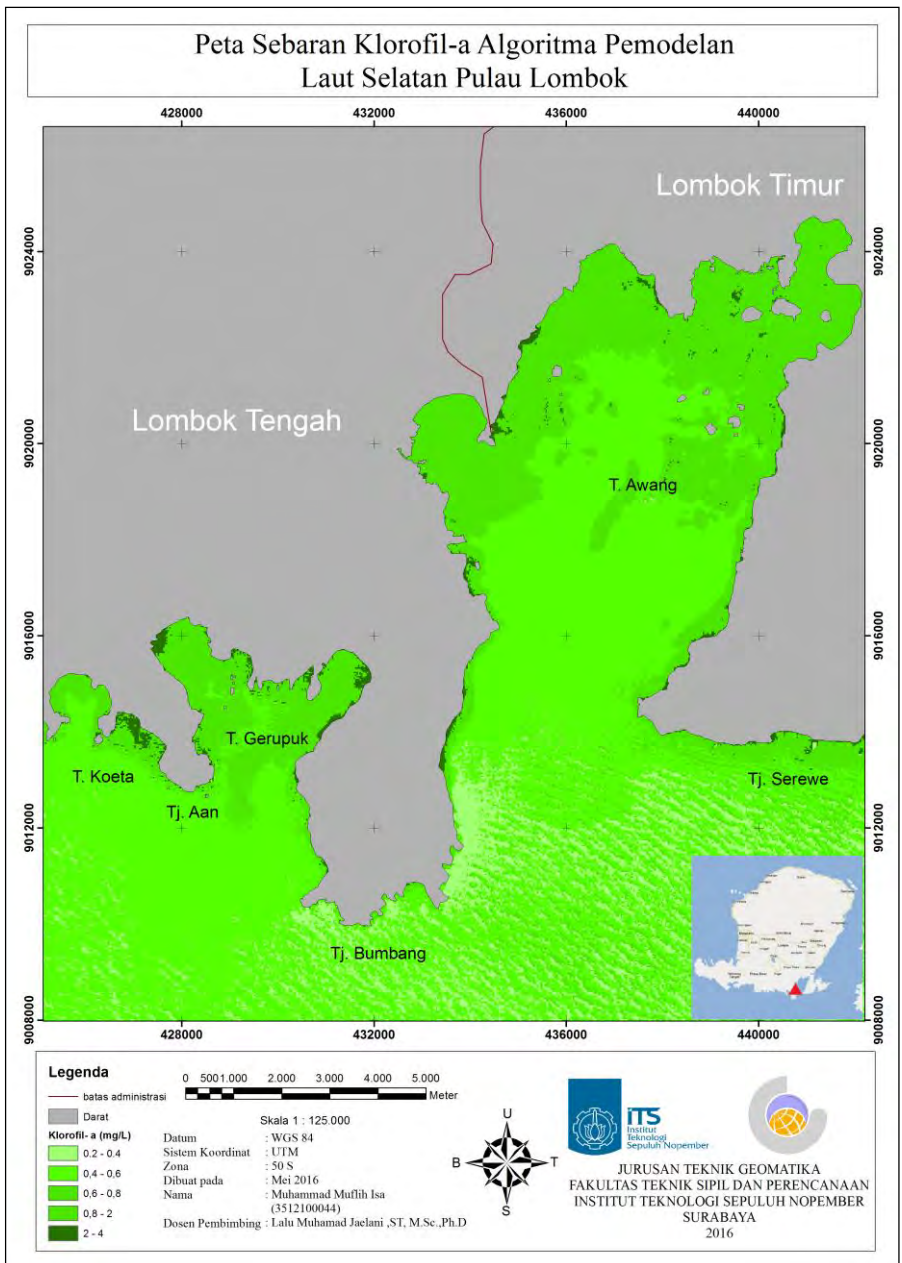
LAMPIRAN

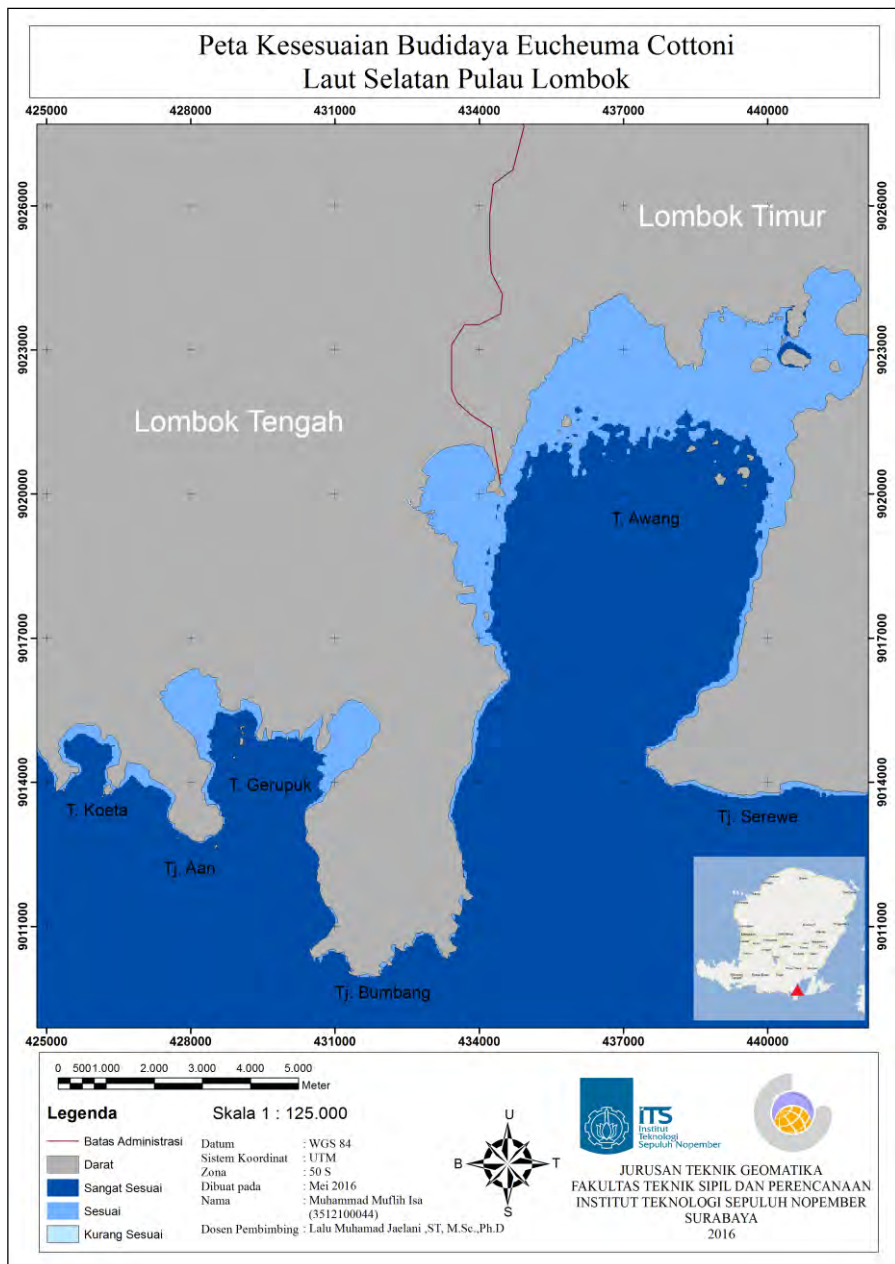












DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Peta Sebaran TSS Algoritma Jaelani 2016	62
Lampiran 2 Peta Sebaran Suhu dengan algoritma Syariz	63
Lampiran 3 Peta Sebaran Klorofil a Algoritma Jaelani 2015.....	64
Lampiran 4 Peta Sebaran TSS algoritma Pemodelan.....	65
Lampiran 5 Peta Sebaran Klorofil-a algoritma Pemodelan.....	66
Lampiran 6 Peta Kesesuaian Kualitas Air untuk Budidaya <i>Eucheuma Cottoni</i> di Laut Selatan Pulau Lombok	67
Lampiran 7 Profil Penulis.....	13

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian yang telah dilakukan ini adalah

- a. Kualitas air yang berada di laut selatan Pulau Lombok dengan parameter TSS menunjukkan bahwa laut selatan Pulau Lombok sangat jernih dengan nilai TSS dengan kisaran 7mg/L – 25 mg/L. Selain itu, pada parameter suhu memiliki nilai dengan rentang suhu antara 28°C – 30°C. artinya dengan rentang suhu tersebut, masih banyak terdapat ekosistem yang dapat hidup. Untuk parameter klorofil-a, laut selatan pulau lombok memiliki nilai klorofil-a yang rendah, yaitu hanya berkisar antara 0 µg/L – 4 µg/L.
- b. Lokasi laut selatan Pulau Lombok yang sesuai untuk budidaya rumput laut *Eucheuma Cottoni* hanya berdasarkan parameter TSS dan suhu, yaitu sebesar 2.217 Ha area yang sesuai, sedangkan untuk area yang sangat sesuai sebesar 14.243 Ha area sangat sesuai berdasarkan klasifikasi dari SNI.
- c. Pada daerah laut selatan Pulau Lombok tidak terdapat daerah yang tidak sesuai, dikarenakan dalam penelitian ini tidak disertakan parameter kedalaman yang memiliki bobot 15 dikarenakan keterbatasan data. Selain itu parameter klorofil-a juga tidak diikutsertakan dalam pembuatan peta kesesuaian kualitas air untuk budidaya *Eucheuma cottoni* di laut selatan Pulau Lombok

dikarenakan pada parameter klorofil-a semua daerah di laut selatan Pulau Lombok tidak sesuai, namun pada parameter klorofil-a memiliki bobot yang paling rendah, yaitu 5.

5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan dalam penelitian selanjutnya adalah dalam penelitian kualitas air sebaiknya memasukkan semua parameter yang memiliki bobot yang tinggi. Salah satu contohnya, dalam penelitian ini tidak mencantumkan parameter kedalaman yang memiliki bobot yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G., Sri Suantri Santika. *Metoda Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional, 1987.
- _____. *alamikan*. 2008. <https://www.alamikan.com> (diakses pada Januari 17, 2016).
- Budhiman, S. *Mapping TSM Concentration from Multisensor Satellite images in Turbid tropical coastal waters of Mahakn Delta, Indonesia*. Thesis, Enschede: International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, 2004.
- Dnoedoro, Projo. *Pengolahan Data Citra*. Yogyakarta: Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, 1996.
- Effendi, I. *Pengantar akuakultur*. Jakarta: Penebar Swadaya, 2009.
- Badan Informasi Geospasial. *InaGeoportal*. 2012. <http://tanahair.indonesia.go.id> (diakses pada Januari 2, 2016).
- Hartoko, Agus. "Spatial Modeling for Mariculture Site Selection Based on Ecosystem parameters at Kupang Bay, East Nusa Tenggara Indonesia." *International Journal of Remote Sensing and Earth Science (IJReSES)*, 2009: 112.
- Herfinalis, Sultan dan Rubiman. "Padatan Tersuspensi Total di Laut Selat Flores Boleng Alor dan Selatan Pulau Adonara Lembata Pantar." *Ilmu Kelautan*, 2012: 148-15.
- Husaini, M. "Rumput Laut: Pemanfaatan dan Pemasarannya." *Diseminasi Teknologi dan Temu Bisnis Rumput Laut*. Makasar: Badan Riset Kelautan dan Perikanan, 2006. 35.
- Jaelani, L.M, Setawan, Fajar, Hendro Wibowo, Apip. "Pemetaan Distribusi Spasial Konsentrasi Klorofil-A dengan Landsat 8 di Danau Matano dan Danau Towuti, Sulawesi Selatan." *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan Masyarakat Ahli Penginderaan Jauh Indonesia (MAPIN) XX*. Bogor, 2015.

- Jaelani, L.M, dkk.2016. *Estimation of TSS and Chl-a Concentration from Landsat 8 OLI : The Effect of Atmosphere and Retrieval Algorithm*. IPTEK. *The Journal for Technology and Science*. VOL XXVII. No.1, 16-23
- Jaelani, Lalu Muhammad. *LMJAELANI.COM*. 2015. <http://lmjaelani.com/tag/koreksi-radiometrik/> (diakses pada 20 Oktober 2015).
- Lamai C, Kruatrachue M, Pokethitiyook P, Soonthornsarathool. "Toxicity and accumulation of lead and cadmium in the filamentous green alga *Cladophora fracta*." *ScienceAsia*, 2005: 121.
- Lunig, K. "Seaweeds: their environment." *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 1991: 246.
- Manopo, Emiyati dkk. "Ekstraksi Informasi Keterlindungan Laut dari Data Penginderaan Jauh untuk Kesesuaian Budidaya Rumput Laut di Pulau Lombok." *LAPAN*, 2013.
- Neksidin,Utama Pangeran. "Studi Kualitas Air untuk Budidaya Rumput Laut (*Kappaphycus Alvarezzi*) di Laut Teluk Kolono di Kabupaten Konawe, Sulawesi Selatan." *Jurnal Mina Laut*, 2013: 147-155.
- Nirmala, Arlina dkk. "Penentuan Kesesuaian Budaya Rumput Laut di Laut Selatan Pulau Lombok, Nusa Tenggara Barat, Menggunakan data Inderaja dan SIG." *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 2014: 73-82.
- Realino, B.a, Hanggono, Subkhi. *Pola Spasial Data Temporal Kesuburan Laut Permukaan Laut di Indonesia*. Bali: Balai Riset dan Observasi Kelautan Departemen Kelautan dan Perikanan, 2003.
- SERCO. *ESA Sentinels Scientific Data Hub*. 2014. <https://scihub.copernicus.eu/> (diakses 28 Desember 2015).
- Soenardjo, Nirwani. "Aplikasi Budidaya Rumput Laut *Eucheuma Cottoni* (Weber van Bose) dengan Metode Jaring Lepas Dasar (Net Bag) Model Cidaun." *Oseanografi Marina*, 2011: 36-44.

- _____. *TheGeoFactor*. n.d. <http://www.thegeofactor.com> (diakses pada 18 Januari, 2016).
- Tubalawony, Simon. *Kajian Klorofil-A dan Nutrien serta Interelasinya dengan Dinamika Massa Air di Laut Barat Sumatera dan Selatan Jawa-Sumbawa*. Thesis, Bogor: Institut Pertanian Bogor, 2007.
- USGS. *Landsat 8 Handbook*. South Dakota, Juni 2015.
- Wijayanto, Riris. "Studi Pertumbuhan Rumput Laut *Eucheuma Cottoni* dengan Berbagai Metode Penanaman ysng berbeda di Laut Kalianda, Lampung Selatan." *Maspuri Journal*, 2011: 51-57.
- wikipedia. *WIKIPEDIA*. 1999. <https://en.wikipedia.org/wiki/> (diakses pada Januari 18, 2016).
- WS, Atmadja. *Pengenalan Jenis Jenis Rumput Laut Indonesia*. Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, 1996.

BIODATA PENULIS



Muhammad Muflih Isa merupakan anak kedua dari pasangan bapak Ponang Widoyoko dan ibu Susilowati serta memiliki tiga saudara, dilahirkan di Nganjuk, 28 Oktober 1994. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Aisyah II Nganjuk, SMPIT Al Kahfi Tarik, Sidoarjo, MAN 3 Malang. Setelah lulus

SMA memilih melanjutkan studi S-1 dengan mengikuti SNMPTN tulis dan diterima di Teknik Geomatika-FTSP ITS pada tahun 2012 dan terdaftar dengan NRP 3512100044. Selama kuliah aktif sebagai anggota HIMAGE-ITS dan kegiatan kegiatan yang diadakan oleh HIMAGE-ITS. Penulis juga berkesempatan menjadi pengurus HIMAGE ITS masa bakti 2013/2014 sebagai staff divisi kewirausahaan dan pada masa bakti 2014/2015 sebagai Kepala Biro Tarbiyah divisi GIS. Selain aktif di himpunan penulis juga merupakan pengurus Jamaah Masjid Manarul Ilmi masa bakti 2013/2014 sebagai staff Badan Pelayanan Umat.